



PCT/FR 2004 / 002933

FR04/2933

REC'D 28 JAN 2005

WIPO

PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 19 OCT. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIÈGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

INPI

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

☎ N° Indigo 0 825 83 85 87
0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa

N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

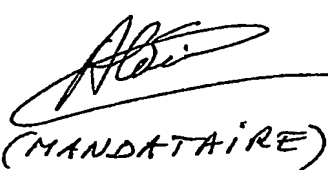

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 2 W / 030103

REMISE DES PIÈCES DATE 24 NOV 2003 LIEU 75 INPI PARIS 26Bis SP N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0313714 DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 24 NOV. 2003		NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE M. ALDIN Gérard 14 Allée des Hauts Dimanches 78 430 LOUVECIENNES	
Vos références pour ce dossier (facultatif)			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		N°	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Navire à flotteur immergé stabilisé par contrôle électronique des positions de masses mobiles et d'orientations d'ailerons immergés.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input checked="" type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		ALDIN	
Prénoms		Gérard, Roger	
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Domicile ou siège	Rue	14 Allée des Hauts Dimanches	
	Code postal et ville	78430 - LOUVECIENNES	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		D: 01.39.69.46.41	
Adresse électronique (facultatif)		galouvi@noos.fr	
<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 VI / 210502
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu) Nom ALDIN Prénom GERARD Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel pouvoir en date du 24/11/03 Adresse Rue 14 Allée des Hauts-Dimanches Code postal et ville 78430 LOUVÉCIENNES Pays N° de téléphone (facultatif) D: 01.39.69.46.44 - B: 01.47.11.53.02 N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif) galouf@noos.fr		7 INVENTEUR(S) Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'Inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé Paiement échelonné de la redevance (en deux versements) <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES Réduction pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS Le support électronique de données est joint <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes 1 page	
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)  (MANDATAIRE)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

L'invention concerne un dispositif pour naviguer à la surface de l'eau, entièrement supporté en vitesse de croisière par un ou plusieurs flotteurs immergés, équilibré par des masses mobiles et stabilisé au moyen d'ailerons orientables à portance hydrodynamique, qui s'affranchit à vitesse élevée des mouvements parasites habituellement dus aux vagues.

5 1 - ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

1.1 - Etat de la technique avec la propulsion éolienne

La propulsion éolienne a donné lieu à de nombreuses architectures de navires. Les efforts de recherche et d'innovation en matière de dispositif porteur y ont été surtout concentrés sur l'amélioration de performances d'hydrodynamique, de "raideur à la voile" et d'habitabilité pour un programme de navigation donné, plutôt que sur la stabilisation par des appendices orientables à effet hydrodynamique, hormis les appareils à gouverner. L'action de ces derniers est sensiblement limitée au contrôle de lacet et de cap et marginalement à l'amortissement du roulis ; ils ne contrent efficacement ni le tangage, ni les mouvements alternatifs de montée et de descente du navire.

1.1.1 - Sustentation par poussée d'Archimède

15 Les voiliers traditionnels assurent leur sustentation par une ou plusieurs coques à déplacement de surface. Leur vitesse est plafonnée par le sillage et ils sont affectés de mouvements parasites irréguliers dus aux vagues rencontrées.

1.1.2 - Sustentation partiellement hydrodynamique

20 Les voiliers munis d'une coque dite "planante" peuvent, dans certaines circonstances particulièrement favorables de mer, de vent et de cap suivi, planer plus ou moins longuement sur l'eau. Il s'agit là cependant d'un régime de fonctionnement précaire, à la merci de la rencontre d'une vague plus haute que les autres ou d'une brève diminution de vitesse du vent apparent.

25 Certains voiliers multicoques à coques munies de large redans doivent une partie de leur sustentation à grande vitesse à la portance hydrodynamique de ces redans (exemple : projet décrit dans le numéro de mars 2003 de la revue française "Science et Vie") ; par rapport à des multicoques de même taille mais sans redans, ces voiliers ont moins tendance à enfourner et ont donc des mouvements parasites de moindre amplitude, mais l'intensité de la portance hydrodynamique des redans est irrégulière, car soumise à l'alternance des creux et crêtes de vagues rencontrés lorsque celles-ci ne sont pas de taille négligeable par rapport à la taille du bâtiment.

30 De rares voiliers multicoques utilisent un complément de sustentation significatif et durable obtenu par effet de portance hydrodynamique sur des appendices solidaires de la structure du bâtiment - soit ailerons partiellement immergés, soit skis s'appuyant à la surface de l'eau - qui leur permettent une vitesse accrue par déjaugage partiel des coques.

35 Ces appendices, lorsqu'il forment un "V" comportant des ailes (ou "foils") disposées à bâbord et à tribord, partiellement immergées et pénétrant obliquement dans l'eau, confèrent à ces voiliers multicoques une sorte de suspension à élasticité verticale ; celle-ci diminue certains mouvements parasites dus aux vagues ; en revanche, si le déjaugage est presque total, le bâtiment étant soutenu

presque entièrement par ses ailes fixes, l'amortissement des mouvements verticaux est faible, ce qui peut rendre le bateau instable à certaines allures.

Ces appendices sont encore plus rarement dotés d'un dispositif automatique d'orientation des ailes pour modifier dynamiquement leur angle d'incidence et leur portance afin de réduire davantage les mouvements parasites. Ces voiliers multicoques munis d'ailes sont encore freinés par la présence d'un important sillage de surface et sont encore affectés de mouvements parasites dus aux vagues, même si ceux-ci sont atténués.

1.1.3 - Sustentation exclusivement hydrodynamique

La sustentation exclusivement par force de portance hydrodynamique ne se rencontre qu'exceptionnellement sur les voiliers à cause de sa difficulté de mise en œuvre. La faible puissance disponible oblige en effet à obtenir une légèreté difficile de concilier avec une robustesse suffisante et un coût raisonnable dès que la longueur du navire excède une dizaine de mètres.

On peut citer comme exemple le voilier trimaran biplace de 5,20 m de long, à foils, commercialisé sous la dénomination "Windrider Rave", qui a fait l'objet d'un compte-rendu d'essai publié dans le numéro 460 de la revue nautique française "*Bateaux*" et qui est cité, avec photo, par l'ouvrage "*Le livre mondial des inventions 2001*" (ISBN 2-84563-032-8).

Les voiliers utilisant ce mode de sustentation nécessitent d'être exceptionnellement légers par rapport aux voiliers d'égale longueur de flottaison des catégories précédentes ; ils ont, au-delà d'une certaine vitesse et lorsque les vagues sont de hauteur inférieure à une certaine valeur, un mode de sustentation exclusivement par ailes (ou "foils") à portance hydrodynamique, leur(s) coque(s) ou flotteur(s) ne touchant plus l'eau. Ce mode de sustentation leur permet d'atteindre une vitesse exceptionnellement élevée par rapport aux autres types de voiliers de même taille et d'avoir des mouvements parasites dus aux vagues en général relativement doux.

Ils sont cependant sujets au risque de perte de contrôle par chavirement ou capotage dû à leur stabilité précaire et au risque de rupture brutale d'organes de sustentation soumis à des contraintes mécaniques importantes - compte tenu de la légèreté requise - en cas de heurt d'un obstacle immergé ou de vague abrupte à grande vitesse. Ce risque peut être dangereux pour les passagers.

Ce type de voilier peut difficilement dépasser la taille d'un engin de sport de plage, compte tenu d'un coût de construction devenant rapidement prohibitif lorsque la taille augmente, à cause de la nécessité de recourir alors à des techniques de construction très onéreuses pour obtenir à la fois la résistance mécanique et la légèreté requises.

1.1.4 - Conclusion sur la propulsion éolienne

Les dispositifs connus de navigation à voile n'éliminent pas les mouvements parasites dus aux vagues, source fréquente d'inconfort, de mal de mer et d'affaiblissement de l'équipage.

1.2 - Etat de la technique avec la propulsion à l'énergie solaire

L'énergie solaire captée à bord a été rarement utilisée pour la propulsion principale de bateaux, et seulement pour des navires à déplacement archimédien. Les exemples connus sont lents, n'ont pas

de sustentation hydrodynamique et sont pleinement soumis aux mouvements parasites des vagues.

1.3 - Etat de la technique avec la propulsion à combustible embarqué

5 L'immense majorité des navires de surface à propulsion par moteur thermique tirent leur sustentation d'une carène partiellement enfoncée dans l'eau qui reçoit une poussée d'Archimède équilibrant le poids du bâtiment. Ces navires, tributaires des efforts dus aux vagues, sont sujets à des mouvements parasites source d'inconfort et de mal de mer pour les passagers.

10 Certains de ces navires (notamment des paquebots de croisière et des "car-ferries") sont munis d'ailerons orientables situés de part et d'autre de la coque, sous la ligne de flottaison, qui leur procurent un amortissement du roulis. Ces ailerons sont cependant très peu efficaces pour amortir les mouvements de tangage et ils sont incapables d'empêcher les mouvements de montée et de descente alternés de l'ensemble du bâtiment entraînés par le passage de grandes vagues.

La propulsion par moteur utilisant un combustible embarqué a donné lieu à un grand nombre de formules architecturales de navires à vitesse rapide ou très rapide s'affranchissant dans certains cas d'une partie des mouvements parasites dus aux vagues (ou exceptionnellement de la totalité) :

- 15 • Catamarans de transport de passagers à déjaugage de l'avant au moyen de skis situés à la proue, qui montent à la surface de l'eau lorsque le navire navigue à grande vitesse, comme les "Aliscafi" en service dès les années 1970 pour le transport de passagers, notamment en Sicile, et certains catamarans de lignes régulières trans-Manche munis en outre de skis à la poupe.
- 20 • Canonnière développée aux U.S.A. par la société Boeing, créditée d'une vitesse de pointe de l'ordre de 50 nœuds (décrite dans un article publié vers les années 1960 par la revue française "Science et Vie"), propulsé par jet d'eau éjecté dans l'atmosphère par une très puissante turbine et sustenté exclusivement par des ailerons immergés à orientation contrôlée par servocommandes pilotées par calculateur électronique temps réel relié à une centrale à inertie.
- 25 • Aéroglisseurs ou "Hovercraft" de lignes de transport de passagers entre l'Angleterre et le continent, naviguant à près de 30 nœuds en utilisant une propulsion aérienne par hélices et une sustentation par coussin d'air entretenu par une soufflante.
- Engins volants à "effet de sol", décollant de l'eau comme un hydravion, volant à quelques mètres au-dessus des flots avec une vitesse supérieure à une centaine de nœuds ("Ekranoplanes" développés en ex-U.R.S.S. dans le dernier quart du vingtième siècle).
- 30 Ainsi, une motorisation de grande puissance par rapport à la charge utile autorise une stabilisation d'autant plus efficace et accessoirement une vitesse d'autant plus grande que cette puissance est élevée, au détriment du confort des passagers par les bruits et vibrations dus à cette forte puissance.

2 - BUT DE L'INVENTION

35 L'invention a pour but de remédier aux inconvénients des dispositifs connus jusqu'ici, en présentant simultanément :

- une stabilisation du navire par rapport aux vagues (jusqu'à une hauteur dépendant de sa taille) lorsqu'il navigue rapidement, prévue pour rendre les mouvements parasites dus à celles-ci la plupart du temps imperceptibles en croisière pour les passagers,
- une faible force de traînée hydrodynamique rapportée à la masse d'eau déplacée, source de vitesse élevée et par contrecoup de stabilisation renforcée,
- des dispositifs prévus spécialement pour renforcer la sécurité malgré la vitesse élevée atteinte,
- sur option un encombrement réductible favorisant l'accès aux places de stationnement des ports malgré qu'un grand encombrement horizontal soit utile à l'efficacité des couples stabilisateurs.

3 - EXPOSE DE L'INVENTION

- 10 L'exposé de l'invention est rédigé à l'intention de l'homme de l'art maîtrisant à la fois la discipline de l'architecture navale et la discipline des systèmes asservis à calculateur électronique et logiciel temps réel.

3.1 - Approche introductive informelle

- 15 Le présent chapitre 3.1, qui constitue une introduction informelle à l'invention, a pour but de familiariser le lecteur avec certains aspects de celle-ci, de manière à lui faciliter la compréhension de la première caractéristique. Celle-ci comporte en effet un nombre important d'éléments - 14 - concourant ensemble et de façon indissociable au fonctionnement du dispositif selon l'invention.

- 20 Ce chapitre ne décrit pas la première caractéristique de l'invention dans sa généralité (celle-ci est décrite au chapitre 3.3 (p.6)), mais seulement certains aspects utiles à la familiarisation visée. Il s'appuie sur l'exemple d'un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention qui est illustré par la Figure 1 :

- Cette figure montre un voilier dont la plate-forme habitable (2) est portée par deux pylônes (16) qui sont entourés chacun d'un carénage pivotant (45) et qui s'appuient sur un flotteur fuselé (1) complètement immergé à faible profondeur sous la surface de l'eau ; le voilier y est dessiné en position de navigation rapide et stabilisée et l'on remarque que ses flotteurs auxiliaires (3) ne touchent alors plus l'eau (voir détail A).
- Ce voilier comporte un réservoir-bâliast (17) formant tare réglable, logé dans la plate-forme (2) sous le plancher de la cabine (voir l'agrandissement en figure 23), dont le volume d'eau peut être ajusté en sorte que le niveau de la surface de l'eau extérieure, en l'absence de vagues, arrive à mi-hauteur libre des pylônes (16).
- L'équilibre du voilier est assuré par un couple stabilisateur fourni par quatre longs bras (24) entourant la plate-forme (2) :
 - d'une part, chaque bras (24) porte en extrémité un réservoir logé dans le flotteur auxiliaire (3), partiellement rempli d'eau, dont le poids d'eau qu'il contient est réglable rapidement par transfert d'eau entre les quatre réservoirs homologues au moyen de pompes,

- d'autre part, l'extrémité de chaque bras (24) est munie d'un mât vertical (26) plongeant dans l'eau extérieure et portant à son extrémité des ailerons immergés (27) et (29) à forces de portance hydrodynamique dont la résultante, de direction transversale, est réglable très rapidement en intensité et en direction sur 360° par réglage de l'orientation de ces ailerons au moyen d'actionneurs.

- Le transfert d'eau entre réservoirs des flotteurs auxiliaires (3) et le réglage d'orientation des ailerons orientables immergés (27) et (29) sont commandés par un calculateur électronique (43) relié à des capteurs, notamment des accéléromètres (6) et des profondimètres (7).
- Lorsque le voilier est à l'arrêt ou avance à une vitesse trop lente pour être stabilisé par ces ailerons orientables immergés, le réservoir de tarage est alors volontairement surchargé d'une masse d'eau supplémentaire, de manière à ce que le voilier s'enfonce davantage dans l'eau et s'appuie par les quatre flotteurs auxiliaires (3) formant alors stabilisateurs.

Il résulte de ce qui précède que des règles d'architecture sont à l'évidence nécessaires pour fixer certaines limites d'évolution des grandeurs interdépendantes du dispositif selon l'invention pour qu'il fonctionne convenablement.

Ces limites numériques seront donc définies dans la première caractéristique du dispositif selon l'invention, figurant au chapitre 3.3 (p.6), qui décrit l'invention dans sa plus grande généralité.

Ces limites seront ensuite commentées et expliquées au chapitre 3.4 (p.10), et le cas échéant des recommandations pratiques pour s'en écarter seront fournies et justifiées.

20 3.2 - Conventions d'écriture et de désignation

Les conventions ci-après sont adoptées pour la suite de la description de l'invention.

Notation "et/ou" : La notation "et/ou" utilisée dans une expression comme "A et/ou B" signifie : "soit A seul, soit B seul, soit A et B ensemble". Exemple : L'expression "propulsion par énergie éolienne et/ou solaire" signifie que l'énergie utilisée pour la propulsion est soit l'énergie éolienne seule, soit l'énergie du rayonnement solaire seule, soit les deux à la fois.

Renvois au texte : Les renvois à des parties du texte sont toujours faits en mentionnant le numéro du chapitre et la page où commence celui-ci (et non pas la page où se trouve le passage en renvoi proprement dit). Le cas échéant, le ou les paragraphes et/ou points précis visés sont désignés par leur position dans le chapitre, par exemple : "*l'avant-avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.12.b (p.36)*".

Termes spécifiques : Vingt-neuf termes techniques sont dotés dans la suite du document d'une signification répondant à la définition précise qui en est donnée à l'endroit du texte spécifié par le présent chapitre 3.2 :

- Douze termes désignant des constituants remarquables et obligatoirement présents dans le dispositif selon l'invention, qui sont définis au chapitre 3.3 (p.6) : "flotteurs immergés", "pylônes porteurs", "carénage pivotant", "plate-forme habitable", "bras rayonnants", "flotteurs

auxiliaires", "dispositif de tare réglable", "dispositif d'équilibrage à masses mobiles", "aileron orientable", "mât porte-ailerons orientables" (*toujours au pluriel, sans préjuger s'il porte un ou plusieurs ailerons*), "dispositif principal de propulsion", "contrôleur d'assiette et de trajectoire".

- Trois termes désignant des constituants remarquables du dispositif selon l'invention et qui sont présents seulement dans certains modes de réalisation : "girouette hydraulique", terme défini au chapitre 3.8.12.a (p.35), "mât porte-girouettes hydrauliques" (*toujours au pluriel, sans préjuger s'il porte une ou plusieurs girouettes*) et "hélice immergée", terme défini au chapitre 3.8.1 (p.18).

Note : Le terme "flotteurs immergés" au pluriel désigne l'ensemble des flotteurs immergés du dispositif porteur décrit au premierement de la première caractéristique, sans tenir compte de leur nombre - même si le dispositif porteur ne comporte qu'un seul "flotteur immergé" - afin d'éviter la lourdeur d'écriture répétitive de l'expression : le (ou les) "flotteur(s) immergé(s)".

- Cinq termes désignant des comportements remarquables du dispositif selon l'invention, qui sont définis aux chapitres 3.6 (p.13) et 3.7 (p.17) : "régime vitesse lente ou arrêt", "régime vitesse rapide", "altitude position basse", "altitude position haute" et la "vitesse critique" V_c , terme défini au chapitre 6.8.4 (p.79).
- Neuf termes repérant des orientations ou positions, qui sont définis au chapitre 3.7 (p.17) : axe OX, axe OY, axe OZ, plan XOY, plan XOZ, plan YOZ, axe longitudinal du bâtiment (*synonyme de : axe OX*), plan de symétrie du bâtiment (*synonyme de : plan XOZ*), verticale V du lieu.

- 20 Dans toute la suite du présent document, les termes ci-dessus qui désignent des constituants du dispositif ou ses comportements (donc hors termes d'orientation et de position) sont écrits entre guillemets, sauf dans les titres et sauf dans les revendications.

Toute contradiction éventuelle dans le texte d'un terme avec sa définition donnée aux chapitres cités ci-dessus serait accidentelle, cette définition seule faisant foi.

- 25 En outre, dans la suite du présent document :

- Les termes "vertical" et "horizontal", appliqués à l'orientation par construction d'un élément du bâtiment, ou encore à l'orientation d'un plan ou d'un axe remarquables de cet élément, se réfèrent aux notions habituelles d'horizontale et de verticale en supposant l'assiette du bâtiment horizontale (l'axe OZ lié au bâtiment étant confondu avec la verticale V du lieu).
- 30 • Les qualificatifs "vertical" et "horizontal", lorsqu'ils sont appliqués à un "aileron orientable" ou à l'équipage mobile constitué par un tel aileron avec son volet de bord de fuite, concernent l'orientation de l'axe de rotation de cet "aileron orientable" (et non celle de son plan porteur).
- Les termes "amont" et "aval" s'entendent par rapport à la direction et au sens de l'écoulement de l'eau par rapport au bâtiment lorsqu'il est en route.

35 **3.3 - Première caractéristique du dispositif selon l'invention**

Nota préliminaire 1 : Certains aspects de la première caractéristique du dispositif selon l'invention

sont spécialement illustrés par les schémas des Figures 2 à 22 (planches 2 à 5) présentées au chapitre 4.3 (p.45), basés sur des modes de réalisation particuliers et non limitatifs de ce dispositif.

5 *Nota préliminaire 2 : Le dispositif selon l'invention comporte un dispositif de tarage embarquant de l'eau pour maintenir sa flottabilité constante malgré la variation de charge utile et il comporte éventuellement des réservoirs destinés à lui fournir un couple d'équilibrage grâce au déplacement d'une masse d'eau embarquée. On entend par "charge utile maximale nominale" la charge utile maximale pour laquelle le navire est conçu pour naviguer avec stabilisation par ses "ailerons orientables" immergés à force de portance hydrodynamique (le dispositif de tarage est alors vide ou quasiment vide d'eau).*

10 SELON UNE PREMIERE CARACTERISTIQUE, le dispositif selon l'invention est un dispositif de navigation de surface sur les océans, mers, lacs, fleuves ou rivières qui comporte l'ensemble des quatorze dispositifs décrits ci-dessous dans les paragraphes numérotés de "premièrement" à "quatorzièmement" inclus (l'assiette du bâtiment est supposée horizontale) :

15 PREMIEREMENT un dispositif porteur, situé à la partie inférieure du bâtiment, qui est constitué d'un ou plusieurs "flotteurs immergés" de forme fuselée et d'élancement supérieur à 6, d'axes longitudinaux orientés dans la direction de marche du bâtiment et de poussée d'Archimède cumulée égale au poids total en charge du bâtiment lorsque les volumes d'eau contenus dans le "dispositif de tare réglable" (décrit plus loin, au quatrièmement) et le cas échéant dans le "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" (décrit au septièmement) sont réglés pour que le niveau de la surface de l'eau extérieure arrive à mi-hauteur de la distance verticale comprise entre le point le plus haut du présent dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable" (décrite au deuxièmement), diminuée de la faible poussée d'Archimède cumulée des autres appendices immergés ou partiellement immergés lorsque le niveau de la surface de l'eau extérieure est celui précité,

25 DEUXIEMEMENT une "plate-forme habitable" située au dessus du dispositif porteur, à une hauteur telle que la distance verticale minimum, mesurée entre le point le plus bas de cette plate-forme et le point le plus haut du dispositif porteur précité, soit supérieure ou égale à 5% de la longueur hors-tout du dispositif porteur (cette longueur étant mesurée dans la direction de marche du bâtiment),

30 TROISIEMEMENT un ensemble de "pylônes porteurs" verticaux qui supportent cette "plate-forme habitable" en formant entretoises entre elle et le dispositif porteur précité, chaque pylône étant solidaire de la plate-forme à son extrémité supérieure et étant solidaire d'un "flotteur immergé" du dispositif porteur à son extrémité inférieure, chaque "flotteur immergé" supportant un ou plusieurs "pylônes porteurs",

35 QUATRIEMEMENT un "dispositif de tare réglable" constitué d'un ou plusieurs réservoirs qui contiennent un volume d'eau extérieure admise réglable à tout taux de remplissage au moyen d'une pompe bidirectionnelle, avec une capacité totale telle que le poids d'eau contenue au remplissage maximum de ces réservoirs (17) soit égal à la charge utile maximum nominale du bâtiment, augmenté d'une possibilité de surcharge d'au moins 10% du poids total en charge nominal du bâtiment (ce poids total en charge nominal étant compté lorsque le tarage est réglé pour que la

40

surface de l'eau extérieure soit à mi-hauteur de l'intervalle compris entre le point le plus haut du dispositif porteur précité et le point le plus bas de la "plate-forme habitable" précitée),

CINQUIEMEMENT un ensemble d'au moins trois "bras rayonnants", solidaires de la "plate-forme habitable" précitée, qui rayonnent en étoile autour de cette plate-forme et supportent chacun un ou plusieurs éléments appartenant à un ou plusieurs dispositifs d'équilibrage ou de stabilisation décrits plus loin (dispositifs à "flotteurs auxiliaires" décrit au sixièmement, ou à masses mobiles décrit au septièmement, ou à "ailerons orientables" décrit au dixièmement),

SIXIEMEMENT un ensemble d'au moins trois "flotteurs auxiliaires" à coque fermée, étanche et profilée, répartis autour de la "plate-forme habitable" pour assurer l'équilibre d'assiette à l'arrêt ou à faible vitesse, solidaires de "bras rayonnants" ou de la "plate-forme habitable" elle-même, et tels que :

- la flottabilité cumulée de ces "flotteurs auxiliaires" (différence entre la somme de leurs poussées d'Archimède et la somme de leurs poids) est franchement supérieure à la somme de la charge utile maximale nominale du bâtiment et de la surcharge décrite au quatrièmement, cette flottabilité cumulée étant mesurée lorsque le volume d'eau total contenu dans les éventuels réservoirs du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" (décrit au septièmement) est égal à la capacité moyenne de ces réservoirs,
- ces "flotteurs auxiliaires" sont suffisamment éloignés du centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des "bras rayonnants" précités pour que leur distance moyenne pondérée à ce centre de gravité, pondérée par leur volume, soit supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précitée au deuxièmement,
- le point le plus bas de chaque "flotteur auxiliaire" est situé à une hauteur comprise entre la hauteur du point le plus haut du dispositif porteur précité et la mi-hauteur de la "plate-forme habitable" précitée, cette mi-hauteur étant la moyenne des altitudes du point le plus bas de la plate-forme et du point le plus haut de l'habitable,

SEPTIEMEMENT un "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" dont la position horizontale du centre de gravité peut être ajustée en permanence par des déplacements d'une part vers l'avant du bâtiment ou vers l'arrière et d'autre part vers bâbord ou vers tribord, comportant des contrepoids mobiles le long de guides, positionnés le long de ces derniers par des mécanismes comprenant des actionneurs, ou comportant une masse d'eau transférable par des pompes bidirectionnelles entre des réservoirs éloignés, le volume de cette masse d'eau étant égal au volume moyen de ces réservoirs,

HUITIEMEMENT des "mâts porte-ailerons orientables" verticaux fixés à la partie inférieure de "flotteurs auxiliaires" ou de "bras rayonnants" ou de la "plate-forme habitable" précités, chacun portant à son extrémité inférieure un ou plusieurs des "ailerons orientables" (décrits au dixièmement) et ayant une longueur suffisante, eu égard à la hauteur à laquelle sont situés ces ailerons,

NEUVIEMEMENT un ensemble de "carénages pivotants" profilés qui enveloppent individuellement chacun des "pylônes porteurs" et chacun des "mâts porte-ailerons orientables"

précités, tels que :

- chaque "carénage pivotant" est guidé en rotation autour de l'élément enveloppé au moyen d'organes de guidage solidaires de cet élément et ce carénage a son centre de portance hydrodynamique suffisamment éloigné en aval de son axe de pivotement pour s'orienter spontanément dans le lit du courant comme une girouette s'oriente dans le lit du vent,
- pour chaque "flotteur immergé" du dispositif porteur, la somme des surfaces frontales des "carénages pivotants" (la surface frontale de chaque carénage est l'aire de sa projection sur un plan normal à son plan vertical de symétrie) relatifs aux "pylônes porteurs" supportés par ce flotteur est inférieure à 20% de l'aire minimum de la section verticale du passage de bâbord à tribord entre ce flotteur et la plate-forme habitable, passage limité à leur aplomb commun,

DIXIEMEMENT des "ailerons orientables" immergés à force de portance hydrodynamique, en forme d'aile ou de tuyère, chacun ayant au moins un axe pivot solide d'un élément de la structure du bâtiment, le cas échéant par l'intermédiaire d'un "mât porte-ailerons orientables" précité, et étant orienté par un mécanisme d'entraînement, ces ailerons étant tels que :

- le point le plus haut de chaque aileron, pour toute orientation de cet aileron, est situé à une hauteur inférieure ou égale à celle du point le plus haut du dispositif porteur précité,
- l'ensemble des "ailerons orientables" à portance verticale possède une distance moyenne pondérée de ces ailerons au centre de gravité du polygone horizontal ayant pour sommets les extrémités périphériques des "bras rayonnants" précités, pondérée par l'aire de la surface projetée maximum sur un plan horizontal de chaque aileron, qui est :
 - supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas de présence d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière basé sur l'énergie éolienne et/ou sur l'énergie solaire et ne nécessitant pas l'usage simultané pour la propulsion à cette vitesse d'un moteur utilisant un combustible embarqué,
 - supérieure à 30% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière exclusivement basé sur un moteur utilisant un combustible embarqué,
- l'ensemble des "ailerons orientables" à portance horizontale possède une distance moyenne pondérée de ces ailerons au centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des "bras rayonnants" précités, pondérée par l'aire de la surface projetée maximum sur un plan vertical de chaque aileron, qui est :
 - supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas de présence d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière basé sur l'énergie éolienne et/ou sur l'énergie solaire et ne nécessitant pas l'usage simultané pour la propulsion à cette vitesse d'un moteur utilisant un combustible embarqué,
 - supérieure à 30% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière exclusivement basé sur un moteur utilisant un

combustible embarqué,

- 5 **ONZIEMEMENT** un ensemble d'**accéléromètres** pour la mesure d'accélération linéaire, fixés à la structure du bâtiment de manière à mesurer d'une part l'accélération verticale (vers le haut / vers le bas) en au moins trois points éloignés et non colinéaires du bâtiment, d'autre part l'accélération latérale (vers bâbord / vers tribord) en au moins deux points éloignés, l'un vers l'avant du bâtiment, l'autre vers l'arrière,

DOUZIEMEMENT un ensemble de **dispositifs de mesure d'altitude** du bâtiment par rapport à l'altitude de la surface de l'eau environnante, fixés à la structure de celui-ci et répartis en au moins trois points éloignés et non colinéaires,

- 10 **TREIZIEMEMENT** un dispositif automatique "**contrôleur d'assiette et de trajectoire**" :

- comportant un calculateur électronique relié :
 - aux dispositifs de mesure d'accélération et d'altitude précités,
 - aux actionneurs réglant l'orientation des "ailerons orientables" précités,
 - et, si la longueur hors-tout précitée du dispositif porteur est supérieure à 6 m, également
- 15 relié aux actionneurs réglant la position horizontale du centre de gravité des masses mobiles du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" précité,
- et ce calculateur exécute un logiciel de calcul élaborant en temps réel les ordres à envoyer aux actionneurs pour le contrôle de l'assiette et de la trajectoire du bâtiment, à partir des mesures reçues des dispositifs de mesure précités.

- 20 **QUATORZIEMEMENT** un "**dispositif principal de propulsion**" :

- soit à énergie éolienne muni de dispositifs régulateurs d'efforts à loi de comportement élastique,
- soit à énergie solaire recueillie par des capteurs photoélectriques, qui propulse le navire à sa vitesse de croisière sans aide de moteur utilisant un combustible embarqué,
- 25 • soit à moteur utilisant un combustible embarqué, de puissance ne permettant pas de dépasser la vitesse de 50 nœuds,
- soit en associant deux ou trois modes de propulsion ci-dessus, en n'importe quelle combinaison.

30 ***Rappel :** Cf. nota 1 au début du chapitre 3.3 (p.6) concernant les illustrations de la 1ère caractéristique.*

3.4 - Explications sur la 1ère caractéristique / recommandations pratiques

La valeur de 5% fixée au paragraphe "deuxièmement" de la première caractéristique est une valeur plancher donnée pour caractériser le dispositif selon l'invention. Dans la pratique, il est recommandé d'adopter une valeur nettement supérieure, par exemple autour de 10 à 20% pour que

35 le bâtiment soit capable de franchir des hauteurs de vagues plus importantes, tout en conservant sa

capacité de stabilisation.

- Le poids des masses mobiles du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" décrit au paragraphe "septièmement" de la première caractéristique peut être typiquement de l'ordre de 10% du poids total en charge du bâtiment ; la valeur retenue dépend du mode de propulsion présent à bord pour la
- 5 vitesse de croisière ; des valeurs inférieures conviennent plutôt en l'absence de dispositif de propulsion éolien ; des valeurs supérieures conviennent plutôt en présence d'un tel dispositif pour équilibrer le couple de chavirage d'origine éolienne, alors plus important.

- La valeur de 20% fixée au paragraphe "neuvièmement" de la première caractéristique est une valeur plafond donnée pour caractériser le dispositif selon l'invention. Dans la pratique, cette valeur
- 10 doit être aussi faible que possible, tout en restant compatible avec la résistance mécanique des "pylônes porteurs" et de leurs "carénages pivotants".

La pondération par la surface projetée effectuée au paragraphe "dixièmement" de la première caractéristique revient approximativement à pondérer par les forces de portance hydrodynamiques maximum de chaque "aileron orientable".

- 15 Les valeurs de 50% et de 30% fixées au paragraphe "dixièmement" de la première caractéristique constituent des valeurs-plancher données pour caractériser le dispositif selon l'invention. Dans la pratique, il est recommandé d'adopter des valeurs plus élevées, par exemple autour de 90% en cas d'appareil propulsif éolien et autour de 70% en absence d'un tel dispositif, de façon à accroître la capacité de couple stabilisateur des "ailerons orientables" sans avoir à accroître leurs dimensions.
- 20 La zone de positionnement en hauteur des "flotteurs auxiliaires" fixée au paragraphe "sixièmement" de la première caractéristique est également donnée pour caractériser le dispositif selon l'invention. Dans la pratique, il est recommandé que les points les plus bas des "flotteurs auxiliaires" soit situés dans un même plan horizontal, sensiblement à la même hauteur que le point le plus bas de la "plate-forme habitable".
- 25 En ce qui concerne la répartition autour de la "plate-forme habitable" des "flotteurs auxiliaires", il est recommandé que le barycentre de leurs forces de poussée d'Archimède maximales (à l'immersion totale) soit situé dans le plan vertical passant par le centre de gravité du bâtiment et qu'il soit en outre situé longitudinalement entre la verticale du centre de gravité et le tiers avant de la longueur de la "plate-forme habitable" : de préférence au voisinage de la verticale précitée en cas
- 30 d'absence de dispositif de propulsion éolienne et de préférence au voisinage du tiers avant précité dans le cas contraire.

- En ce qui concerne la répartition autour de la "plate-forme habitable" des "ailerons orientables" à force de poussée hydrodynamique verticale, il est recommandé que le barycentre de leurs forces de
- 35 poussée maximales (à l'incidence maximale) soit situé dans le plan vertical passant par le centre de gravité du bâtiment et qu'il soit en outre situé longitudinalement entre la verticale du centre de gravité et le tiers avant de la longueur de la "plate-forme habitable" : de préférence au voisinage de la verticale précitée en cas d'absence de dispositif de propulsion éolienne et de préférence au voisinage du tiers avant précité dans le cas contraire.

Au paragraphe "quatorzièmement" de la première caractéristique, la vitesse avec propulseur à

combustible embarqué est limitée à cause de la cavitation qui rendrait les "ailerons orientables" complètement inopérants au delà de 50 nœuds.

3.5 - Aperçu sur l'élaboration des ordres de commande de stabilisation

5 En vitesse rapide, lorsque le tarage du bâtiment est convenablement réglé, la surface de l'eau extérieure reste à un niveau intermédiaire entre le dispositif porteur et la "plate-forme habitable" et n'est en contact ni avec cette dernière ni avec les "flotteurs auxiliaires". On explique ci-dessous le processus d'élaboration des ordres de pilotage des dispositifs de stabilisation du bâtiment par le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire".

10 Les mesures d'accélération en divers points de la structure du bâtiment, après intégration par rapport au temps, permettent de connaître les vitesses locales à une constante près ; une seconde intégration par rapport au temps permet de connaître les positions locales correspondantes, également à une constante près.

15 Les mesures en divers points de la structure du bâtiment de l'altitude locale instantanée par rapport à la surface de l'eau extérieure, après calcul de moyenne glissante sur série de mesures consécutives, permettent de connaître les altitudes locales par rapport à la surface moyenne de l'eau extérieure. Ces hauteurs, n'étant entachées d'aucune erreur cumulative, permettent de connaître la constante d'intégration de position en hauteur et de recalculer les altitudes locales obtenues par les deux intégrations précitées.

20 La connaissance de la géométrie d'implantation sur la structure du bâtiment des capteurs d'accélération et des capteurs de hauteur instantanée par rapport à la surface de l'eau extérieure permet alors de calculer les composantes de l'inclinaison du bâtiment. Les écarts d'altitude et d'inclinaison par rapport à leurs valeurs nominales permettent ensuite de calculer la force et le couple de stabilisation globaux requis pour annuler ces écarts, en tenant compte de la masse et des moments d'inertie du bâtiment, ainsi qu'en tenant compte des autres efforts déstabilisants connus.

25 La connaissance des propriétés de capacité d'effort et de couple ainsi que de temps de réponse du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" et du dispositif de stabilisation à "ailerons orientables" permet de répartir les forces d'équilibrage et de stabilisation attendues des différents sous-dispositifs les composant pour équilibrer cette force et ce couple parasites globaux et enfin piloter en conséquence les asservissements de position correspondants.

30 Dans le cas où, grâce à des capteurs optionnels reliés au "contrôleur d'assiette et de trajectoire", la direction et la vitesse du vent sont connus, ainsi que les réglages de l'appareil de propulsion éolienne éventuel, la force de dérive et le couple de chavirage d'origine éolienne peuvent être pris en compte par le logiciel pour annuler l'angle de dérive du bâtiment.

35 Dans le cas où, grâce à des capteurs optionnels reliés au "contrôleur d'assiette et de trajectoire", la vitesse horizontale du bâtiment est connue et où les composantes de la vitesse de l'eau sont connues dans l'axe de chaque "flotteur immergé" et en amont de celui-ci, le logiciel calcule de façon approchée et légèrement anticipée les composantes de force de portance transversale parasite imminentes sur ce flotteur et les composantes du couple parasite induit imminent d'axe transversal.

Cela permet au logiciel de corriger les ordres de commande des actionneurs pour compenser en partie le temps de réponse des dispositifs de stabilisation et d'améliorer ainsi cette dernière.

3.6 - Vue globale du comportement sur l'eau du dispositif

La "plate-forme habitable" est totalement située au-dessus et hors de l'eau en navigation en "régime vitesse rapide", c'est à dire bâtiment à "l'altitude position haute", assiette du bâtiment horizontale, niveau moyen de l'eau extérieure arrivant à mi-hauteur entre le point le plus haut du dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable",

Les "flotteurs auxiliaires" stabilisent le bâtiment par appui sur l'eau en "régime vitesse lente ou arrêt" (bâtiment à "l'altitude position basse"), mais ils sont situés totalement hors d'eau et au-dessus d'elle en navigation en "régime vitesse rapide" (c'est à dire bâtiment à "l'altitude position haute", assiette du bâtiment horizontale, niveau moyen de l'eau extérieure arrivant à la mi-hauteur précitée),

Le "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" est destiné à équilibrer la composante principale et à évolution lente du couple de chavirement dû à un défaut éventuel de centrage de la charge utile ou à l'action sur le bâtiment des écoulements fluides rencontrés ou à l'action du "dispositif principal de propulsion",

Le dispositif stabilisateur à "ailerons orientables" est destiné à équilibrer le reste des forces perturbatrices, dont la force de dérive due au vent et les composantes à évolution rapide du couple déséquilibrant (cause habituelle des mouvements de tangage et de lacet) en vue de maintenir l'assiette, l'altitude, le cap et la route du bâtiment

3.6.1 - Introduction au fonctionnement en navigation rapide et stabilisée

Lorsque le bâtiment est en navigation rapide (notion qui sera précisée plus loin), le niveau moyen de l'eau extérieure est à une hauteur située à mi-distance entre le point le plus haut du dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable". La distance verticale recommandée de ces deux points est de l'ordre de 20% de la longueur hors-tout du dispositif porteur (des simulations sur ordinateur ont montré que le fonctionnement stabilisé du dispositif selon l'invention était possible jusqu'à une hauteur voisine de 30% de cette longueur hors-tout, avec des "ailerons orientables" restant de taille acceptable, la longueur des "bras rayonnants" étant fixée égale à la longueur hors-tout précitée).

Avec cette valeur typique de 20%, le ou les "flotteurs immergés" sont situés à faible profondeur sous la surface de l'eau extérieure : ici à 10% en moyenne de la longueur hors-tout précitée (en moyenne, car la profondeur d'immersion du ou des "flotteurs immergés" est plus faible au passage des creux de vagues et plus forte au passage des crêtes de vagues).

Il en résulte par exemple qu'un bâtiment ayant un unique "flotteur immergé" de 20 m de long et une garde verticale de 4 m entre ce "flotteur immergé" et la "plate-forme habitable" a son flotteur couvert en moyenne de 2 m d'eau lorsqu'il est en navigation rapide et :

- par vagues de moins de 4 m de hauteur, le bâtiment peut conserver sa stabilisation dynamique

par le "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" et le dispositif à "ailerons orientables" si sa vitesse est suffisante, car la hauteur d'eau couvrant le point le plus haut du "flotteur immergé" varie entre 0 m et 2 m au passage des creux de vagues et entre 2 m et 4 m au passage des crêtes de vagues,

- 5 • par vagues de plus de 4 m de hauteur, la stabilisation dynamique par le "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" et par le dispositif à "ailerons orientables" n'est plus suffisante et la poussée d'Archimède des "flotteurs auxiliaires" et/ou de la "plate-forme habitable" touchant l'eau par intermittence intervient, de même que la baisse de la poussée d'Archimède des "flotteurs immergés" lorsqu'ils découvrent partiellement de façon intermittente : le régime n'est plus celui
- 10 de "vitesse rapide" et le bâtiment est alors soumis aux mouvements parasites dus aux vagues.

Lorsque le bâtiment est en navigation rapide stabilisée, comme la poussée d'Archimède du dispositif porteur est égale au poids total en charge du bâtiment diminué de la poussée d'Archimède cumulée des autres appendices immergés ou partiellement immergés lorsque le niveau de l'eau extérieure est à la mi-hauteur précitée, le poids de l'eau admis dans le "dispositif de tare réglable"

15 doit être juste égal à la différence de poids entre la charge utile effectivement embarquée et la charge utile maximum nominale fixée lors de la conception du bâtiment.

Cette charge utile maximum nominale se calcule de la façon suivante : elle est égale à la poussée d'Archimède cumulée du ou des "flotteurs immergés", augmentée de la faible poussée d'Archimède des autres parties immergées du bâtiment lorsque l'eau extérieure arrive à la mi-hauteur précitée,

20 diminuée du poids de la structure du bâtiment, et enfin le cas échéant diminuée du poids d'eau embarquée dans les réservoirs du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" (le volume d'eau embarqué dans ces réservoirs est égal à la moyenne des volumes de ces derniers).

Le "dispositif principal de propulsion" entraîne la structure du bâtiment composée principalement de la "plate-forme habitable" et du dispositif porteur. Ce dernier offre une faible résistance à

25 l'avancement grâce à la forme profilée et à grand allongement du ou des "flotteurs immergés" et à l'immersion de ces derniers qui limite le sillage en surface.

Le bâtiment, dont le centre de gravité est situé nettement plus haut que le centre de poussée d'Archimède, est maintenu en équilibre horizontal (autrement dit : assiette maintenue horizontale) et stabilisé en altitude par l'action de dispositifs différents selon l'allure :

- 30 • à "l'altitude position haute", pendant les périodes de "régime vitesse rapide", par le "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" et le dispositif de stabilisation à "ailerons orientables",
- à "l'altitude position basse", pendant les périodes de "régime vitesse lente ou arrêt", par les "flotteurs auxiliaires", qui sont alors en appui sur l'eau.

3.6.2 - Charge utile - tarages du bâtiment pour les deux positions haute et basse

35 Le "dispositif de tare réglable" permet de fixer l'altitude du bâtiment :

- soit à "l'altitude position basse" : les "flotteurs auxiliaires" s'appuient sur l'eau, dans laquelle ils s'enfoncent partiellement,

- soit à "l'altitude position haute" : l'assiette du bâtiment étant maintenue horizontale, aucun "flotteur auxiliaire" ni la "plate-forme habitable" ne touchent l'eau et le niveau moyen de l'eau extérieure arrive à mi-hauteur entre le point le plus haut du dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable".
- 5 La fonction du "dispositif de tare réglable" est d'établir le poids total en charge du bâtiment :
- tantôt à une valeur prédéterminée (fixée lors de la phase de conception du navire), quel que soit le poids de la charge utile embarquée, tant que sa valeur reste comprise entre zéro et le poids de charge utile maximum (elle aussi fixée lors de la phase de conception), de manière à permettre au navire d'être à "l'altitude position haute" pendant les périodes de "régime vitesse rapide",
- 10 • tantôt à une valeur nettement plus élevée, obtenue par remplissage complet du réservoir du "dispositif de tare réglable", de façon à appuyer franchement tous les "flotteurs auxiliaires" sur l'eau pendant les périodes de "régime vitesse lente ou arrêt".

La charge utile du navire comprend principalement l'équipage et les passagers, leurs bagages, l'avitaillement, et éventuellement du fret, ainsi que les emménagements, le matériel de sécurité et de sauvetage.

La charge utile est définie ici de façon rigoureuse comme étant tout ce qui est embarqué à bord du navire et qui n'appartient pas fonctionnellement à l'un des éléments constitutifs du dispositif selon l'invention, étant précisé ici que l'eau contenue dans les réservoirs du "dispositif de tare réglable" et le cas échéant du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" ne fait pas partie de la charge utile, tandis que les autres fluides éventuellement embarqués font partie de la charge utile (si leur volume varie en cours de navigation, le réglage du "dispositif de tare réglable" doit être retouché).

3.6.3 - Régime vitesse lente ou arrêt

En "régime vitesse lente ou arrêt", le lest du "dispositif de tare réglable" est chargé au maximum, le navire est à "l'altitude position basse", les "flotteurs auxiliaires" s'appuient sur l'eau et assurent ainsi l'équilibre du bâtiment, à la fois en altitude et en assiette. Le bâtiment n'est pas stabilisé dans ce cas et il subit des mouvements parasites imprimés par les vagues.

3.6.4 - Régime vitesse rapide

En "régime vitesse rapide", le lest du "dispositif de tare réglable" est chargé à une valeur précise (proche de zéro si la charge utile est à la valeur maximum prévue lors de la conception), le navire est à "l'altitude position haute", c'est à dire que le niveau moyen de l'eau extérieure arrive à mi-hauteur entre le point le plus haut du dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable", l'assiette du bâtiment est horizontale, ni les "flotteurs auxiliaires" ni la "plate-forme habitable" ne touchent l'eau, mais par contre les "ailerons orientables" restent immergés.

Le dispositif "contrôleur d'assiette et de trajectoire", à partir des mesures provenant des capteurs d'accélération et d'altitude relative du bâtiment, et le cas échéant de caractéristiques des vagues imminentes, assure à la fois l'équilibre et la stabilité du bâtiment en ajustant en permanence :

- la position horizontale du centre de gravité du navire, par commande du positionnement

adéquat des masses mobiles du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" (vers l'avant ou l'arrière, ou vers bâbord ou tribord), ce qui offre une forte capacité de couple stabilisateur, mais avec un temps de réponse d'une durée non négligeable,

- 5 • les forces stabilisatrices de portance hydrodynamique, par commande adéquate de l'orientation des "ailerons orientables", de manière à maintenir le navire horizontal, à la bonne altitude, sur son cap et sur sa route, en s'opposant tant aux couples de chavirement, piqué ou cabré qu'aux forces transversales tant verticales qu'horizontales dues aux vagues, ce qui offre une capacité de stabilisation transversale supérieure aux efforts transversaux parasites des vagues à partir d'une certaine vitesse du navire, ainsi qu'une capacité de couple de maintien d'assiette, certes 10 plus faible que celle du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles", mais à temps de réponse beaucoup plus court.

3.6.5 - Conditions du régime vitesse rapide

Le "régime vitesse rapide" peut être atteint et maintenu dans les périodes où règnent des conditions appropriées :

- 15 • de vagues, dont la hauteur doit rester inférieure à une valeur limite qui dépend de taille du bâtiment, et plus précisément de la différence de hauteur entre le point le plus haut du dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable",
- de vent, qui doit rester de vitesse relative et de direction acceptables (avec des rafales non excessives en cas de propulsion éolienne),
- 20 • de force propulsive suffisante.

3.6.6 - Influence de la taille du bâtiment

Des simulations informatiques avec exploration du comportement de modèles paramétrés des vagues et du bâtiment propulsé par des voiles ont montré un fonctionnement du dispositif selon l'invention qui est en première approche indépendant de la taille du bâtiment.

- 25 Ces simulations montrent en effet, pour des bâtiments à "bras rayonnants" de longueur égale à la longueur du "flotteur immergé" et à surface de voilure proportionnelle au carré de la longueur de ce flotteur :
- que la hauteur de vagues franchissables maximum en "régime vitesse rapide" est de l'ordre de 25% de la longueur du "flotteur immergé" (avec "pylônes porteurs" de longueur appropriée),
- 30 • que la vitesse de pointe (atteinte par vent de travers) est indépendante de la longueur de ce flotteur,
- que la hauteur des vagues a une faible influence sur cette vitesse de pointe tant qu'elle reste inférieure à la hauteur maximum franchissable en "régime vitesse rapide" (la diminution de vitesse maximum due aux vagues est de l'ordre de quelques pour cent).
- 35 Par rapport à ces résultats de simulation, il convient toutefois de faire les remarques suivantes :

- 5 • La hauteur de vagues franchissables à retenir en pratique est plus faible, c'est à dire de l'ordre de 10 à 15% de la longueur du "flotteur immergé", sous peine de ne pouvoir bénéficier du "régime vitesse rapide" que dans des conditions rares de vagues de hauteur bien constantes et de vent suffisamment fort, régulier et bien orienté (si l'on retenait 20 à 25%, ce régime ne pourrait être maintenu que par vent fort et uniquement de direction voisine du vent de travers).
- Pour des bâtiments de très petite taille (par exemple un bateau de sport de plage de 5m embarquant deux ou trois passagers), la hauteur de vagues franchissables en "régime vitesse rapide" est très faible et la navigation dans ce régime requiert un plan d'eau relativement abrité.
- 10 • Pour des bâtiments de grande taille (par exemple un paquebot de croisière à voiles de 100 m), la hauteur maximum de vagues franchissable en "régime vitesse rapide" n'est pas accrue à proportion de la longueur, d'une part à cause de la difficulté technique pour réaliser des mâts proportionnellement aussi hauts (ce qui limite la surface des voiles) et d'autre part à cause de l'énergie brisante de vagues de haute taille susceptibles de déferler.

3.7 - Trièdre de référence

- 15 Dans la suite du document, il sera utilisé un trièdre de référence orthonormé [OXYZ] pour désigner les directions privilégiées de l'espace. Le point O, sauf mention contraire, est le centre de gravité de la structure du bâtiment à vide, c'est à dire sans charge utile et ballasts vides, l'axe OX est la droite horizontale passant par le point O de direction parallèle à l'axe avant-arrière du navire et orientée vers l'avant (direction longitudinale ou de déplacement du navire lorsqu'il avance sans dériver),
- 20 l'axe OY est la droite horizontale, passant par le point O, perpendiculaire à l'axe OX et orientée vers bâbord (direction transversale ou tribord-bâbord), l'axe OZ est la droite perpendiculaire aux axes OX et OY passant par le point O et orientée vers le haut.

25 En référence implicite à ce trièdre, on pourra ainsi dans la suite du document parler sans équivoque de direction parallèle à l'axe OX, à l'axe OY, ou à l'axe OZ, ainsi que de plan parallèle au plan horizontal XOY, ou au plan vertical XOZ, ou au plan vertical YOZ.

De même :

- L'expression "axe longitudinal du bâtiment" (ou du navire ou du bateau) désignera sans ambiguïté l'axe OX,
- 30 • L'expression "plan de symétrie du bâtiment" (ou du navire ou du bateau), désignera sans ambiguïté le plan XOZ (même le bâtiment n'est pas rigoureusement symétrique par rapport à ce plan, sa masse est répartie pour moitié à bâbord et pour moitié à tribord).

3.8 - Caractéristiques de modes de réalisation particuliers et non limitatifs

- 35 Le présent chapitre 3.8 décrit les caractéristiques de modes de réalisation particuliers et non limitatifs du dispositif selon l'invention. La plupart d'entre elles seront illustrées plus loin dans un exemple au chapitre 6 (p.51), sauf celles des deux derniers sous-chapitres qui seront illustrées dans des exemples aux chapitres 7 (p.82) et 8 (p.96).

3.8.1 - Caractéristiques concernant les flotteurs immergés et les pylônes porteurs

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, la forme de chaque "flotteur immergé" est un volume de révolution, d'axe parallèle à l'axe OX et d'épaisseur relative d'environ 8 à 12%, engendré par un profil d'aile (par exemple un profil NACA 0010).

- 5 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "pylône porteur" a son axe situé dans le plan vertical de symétrie du "flotteur immergé" attenant.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, en cas de pluralité de "flotteurs immergés", leur répartition est symétrique par rapport au plan XOZ et les centres de gravité des volumes d'eau qu'ils déplacent sont situés sensiblement à la même hauteur.

- 10 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, certains "flotteurs immergés" comportent une "hélice immergée" d'axe horizontal à leur pointe aval, dont l'arbre est couplé mécaniquement à un moteur de propulsion et/ou à une génératrice d'électricité.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, la paroi de certains "flotteurs immergés" et le cas échéant certaines cloisons internes de ceux-ci comportent
15 une ouverture obturée par une trappe étanche démontable permettant l'accès aux équipements internes lors d'opérations en cale sèche.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "pylône porteur" est constitué d'une colonne métallique (par exemple en acier inoxydable) encastree aux extrémités, de forme générale cylindrique ou légèrement conique entre
20 encastremets, la section la plus fine étant en bas, les encastremets dans de robustes logements de la structure du "flotteur immergé" et de celle de la "plate-forme habitable" étant assurés par verrouillages mécaniques (par exemple écrous d'arrêt freinés sur pylône à extrémités filetées) et la démontabilité par grutage de la "plate-forme habitable" étant garantie par un fin canal prévu à mi-hauteur de chaque logement d'encastrement pour l'injection d'huile sous haute pression dilatant
25 l'alésage.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, l'effet de poinçonnement des structures par l'effort axial de compression dans le "pylône porteur" est évité par des épaulements sur le fût de ce pylône qui s'appuient sur de robustes rondelles métalliques, portant à leur tour sur des plaques de décharge répartissant l'effort dans la structure environnante de
30 la "plate-forme habitable" ou du "flotteur immergé".

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, des compartiments de "flotteur immergé" sont utilisables pour y embarquer des marchandises, soit avec un accès par un "pylône porteur" tubulaire si le bâtiment est de taille suffisante pour que le fût de ce pylône ait un diamètre suffisant, soit avec un accès par une trappe démontable et étanche à la
35 partie supérieure du "flotteur immergé". Dans ce dernier cas, l'accès se fait uniquement en eaux abritées ; une jupe cylindrique rigide, dont la base est prévue pour venir épouser exactement la forme du flotteur autour de la trappe, est descendue (par exemple au moyen de palans) à partir d'un puits à paroi étanche prévu dans la "plate-forme habitable", dans lequel elle coulisse verticalement ; le pied de la paroi de la jupe est élargi du côté interne pour former un appui annulaire ; la face

inférieure de cet appui est munie, à proximité de son bord interne et de son bord externe, de deux joints à boudin maintenus dans des gorges concentriques ; après accostage de la jupe contre le flotteur, une pompe à vide met en dépression l'espace interstitiel entre les deux joints, plaqués et écrasés entre le flotteur et la jupe dont le pied forme ventouse et qui constitue alors un barrage étanche autour de la trappe ; une pompe d'épuisement assèche ensuite le fond de la jupe ; la paroi du "flotteur immergé" comporte une couronne de trous borgnes filetés longeant le pied de la jupe, côté interne, à très faible distance de celui-ci ; ces trous sont normalement obturés par des bouchons affleurants qui sont alors dévissés et remplacés par des tirants filetés et ancrés par écrous à des équerres solidaires de la jupe pour garantir mécaniquement le plaquage de cette dernière contre le "flotteur immergé" ; des excentriques enfilés au pied des tirants, munis d'un dispositif de verrouillage angulaire à vis, permettent en outre de bloquer latéralement le pied de jupe par arc-boutement pour lui interdire tout glissement latéral susceptible d'engendrer une fuite ; la trappe peut alors être démontée au sec et sans risque, ce qui permet d'accéder au compartiment interne du "flotteur immergé" ; les opérations inverses, effectuées en ordre inverse, permettent de refermer la trappe étanche et verrouiller ses vis, libérer les excentriques puis les écrous des tirants, dévisser ces derniers et visser à leur place les bouchons, relâcher l'effet de ventouse sous le pied de jupe, remonter la jupe, refermer et verrouiller la trappe galbée de pied du puits de la coque de la "plate-forme habitable" pour restaurer la forme hydrodynamique primitive de cette coque et rendre le bâtiment à nouveau apte à la navigation ; les précautions nécessaires à la surveillance d'étanchéité de la trappe du "flotteur immergé" sont décrites à la fin du chapitre 3.8.11 (p.33).

3.8.2 - Caractéristiques concernant : plate-forme, bras rayonnants et flotteurs auxiliaires

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, la "plate-forme habitable" a son centre de gravité situé sensiblement sur la verticale du centre de poussée d'Archimède du dispositif porteur.

25 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, la "plate-forme habitable" est une coque pontée dont la partie arrière comporte un cockpit avec hiloires et bancs longitudinaux pour s'asseoir, dont l'avant du pont est dégagé pour les manœuvres de foc et qui est munie au centre d'un habitacle aménagé pour la vie à bord comme la plupart des voiliers habitables d'une dizaine de mètres de longueur, à l'exception de la présence d'une console informatique (clavier et écran). Celle-ci est utilisée par l'équipage pour dialoguer avec le "contrôleur d'assiette et de trajectoire", notamment en début et en fin de navigation, lors des changements de régime décidés par l'équipage (phases de décollage et d'amerrissage), lors des changements de cap et le cas échéant lors des changements majeurs à la voilure (virement de bord, changement de voile, prise ou lâcher de ris).

35 Dans différents modes particuliers et non limitatifs de réalisation du dispositif selon l'invention, la "plate-forme habitable" soit est monobloc et comporte à sa partie inférieure une coque unique ou bien plusieurs coques formant des carènes distinctes, soit est composée de corps distincts éloignés munis chacun d'une coque formant carène, solidarisés par des poutres formant entretoises.

40 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "bras rayonnants" sont sensiblement horizontaux et les extrémités périphériques des "bras rayonnants"

voisins sont reliés par des câbles inextensibles tendus par des ridoirs.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "bras rayonnants" sont tels que tout point de ces bras ne surplombant pas directement un "flotteur auxiliaire" ou un "mât porte-ailerons orientables" est à une altitude supérieure à la mi-hauteur de la
5 "plate-forme habitable". Ce mode de réalisation est illustré à la Figure 4.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "flotteurs auxiliaires" sont de forme profilée et très allongée dans la direction de la marche du bâtiment et ils ont l'avant en forme d'étrave pour fendre les vagues.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque
10 "flotteur auxiliaire" a un volume compris entre 20% et 30% du volume du dispositif porteur.

3.8.3 - Caractéristiques concernant les carénages pivotants

3.8.3.a - Forme hydrodynamique du carénage

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "carénage pivotant" a une forme externe dont la section horizontale est évolutive le long de la
15 hauteur du carénage : dans le bas, c'est une section en profil d'aile à maître-couple très avancé (par exemple le maître couple est à 20% de la longueur de la corde du profil depuis le bord d'attaque) et dans le haut, le profil est tout aussi fin, voir davantage, en épaisseur relative, mais sa longueur de corde est nettement plus grande, le bord d'attaque formant un angle d'étrave de plus en plus
20 prononcé à partir de la mi-hauteur. Sur toute la hauteur, le profil est déporté aussi fortement vers l'arrière que possible, de manière à avoir le centre de poussée hydrodynamique très en aval de l'axe de la colonne pivot (par exemple en ayant 85% de la surface du plan porteur situé en aval de cet axe). Le carénage a un maître-couple aussi réduit que possible sur toute sa hauteur, la paroi d'épaisseur juste nécessaire pour la tenue mécanique requise épousant au plus près le contour
25 latéral de la colonne, sauf éventuel renflement local à l'extrémité inférieure pour loger l'organe de guidage et le(s) joint(s) d'étanchéité et sauf éventuel renflement local près de l'extrémité supérieure dans le cas d'un "mât porte-ailerons orientables" pour y loger les actionneurs de commande des "ailerons orientables".

Dans une variante du mode de réalisation précédent, chaque "carénage pivotant" a une forme externe dont la section horizontale reste égale à la section de pied sur toute sa hauteur (le volume
30 du carénage est alors un cylindre à profil d'aile symétrique).

3.8.3.b - Structure interne et matériaux du carénage

Selon des modes de réalisation particuliers et non limitatifs du dispositif selon l'invention, les "carénages pivotants" sont réalisés en métal ou en matériau stratifié fibre-résine ; ils comportent le cas échéant des compartiments étanches qui sont soit remplis d'air, soit remplis d'un matériau de
35 remplissage, comme de la mousse plastique rigide ou du bois ; le compartiment de l'avant est le cas échéant rempli de matériau particulier pour former "crash box" dissipateur d'énergie en cas de heurt d'obstacle ; ces carénages sont conçus de manière telle que leur flottabilité soit faible ou nulle pour réduire le frottement des roulements, le cas échéant en rajoutant un lest en matériau dense à faible moment d'inertie (par exemple un tube de plomb noyé dans l'épaisseur de paroi du moyeu) ; le cas

- échéant, une bague en matériau élastique est interposée entre chaque roulement et soit la colonne soit le logement du roulement, de manière à ce que l'élasticité radiale en cas de rencontre d'obstacle permette un léger recul du carénage annulant le jeu sur l'avant et permette au carénage de s'appuyer directement sur la colonne ; le cas échéant, un profilé en matériau élastique (comme un jonc de caoutchouc dur) ou déformable et remplaçable formant martyr (comme un profilé en bois dur) est fixé au bord d'attaque en affleurant parfaitement la surface hydrodynamique (par exemple par encastrement dans une saignée longitudinale au bord d'attaque).

3.8.3.c - Guidages en rotation du carénage

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "carénage pivotant" est guidé à son extrémité supérieure par un organe de guidage en rotation emmanché d'une part sur le moyeu tubulaire du carénage dépassant sa forme hydrodynamique et d'autre part dans un logement de la paroi inférieure de l'élément de structure supérieur du bâtiment ; cet organe, selon différentes variantes, est soit un roulement à billes rigides à contact radial à bague interne maintenue axialement par circlips glissés dans des gorges externes du moyeu du carénage, soit une paire de roulements à rouleaux coniques montés en opposition et bloqués axialement en haut par un écrou freiné vissé sur le moyeu fileté du carénage et en bas contre un épaulement de ce moyeu. La ou les bagues externes du ou des organes de guidage en rotation sont bloquées axialement au fond du logement de l'élément de structure supérieure du bâtiment par un couvercle étanche situé en dessous ; ce couvercle, composé de plusieurs pièces à plans de joint radiaux et étanches pour être démontable, est encastré dans la paroi dans un lamage concentrique légèrement plus large pour affleurer la forme hydrodynamique de la paroi et il est fixé à cette dernière par des vis ; ce couvercle comporte un joint ou deux joints d'étanchéité tournants montés en cascade et frottant contre la face externe du moyeu, muni à cet endroit d'une bague métallique encastrée de façon étanche et à surface polie miroir ; le logement du ou des roulements comporte en partie haute un fin canal de graissage alimentant le bain d'huile dans lequel il ou ils fonctionnent.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "carénage pivotant" est guidé à son extrémité inférieure par un roulement à aiguilles sans cage interne, roulant directement sur la surface localement cylindrique, rectifiée, polie miroir et le cas échéant traitée de la colonne forment pivot du carénage. Un joint ou deux joints d'étanchéité tournants montés en cascade sous ce roulement, dans des gorges internes du moyeu du carénage, frottent contre la colonne et assurent la contention du bain d'huile dans lequel il fonctionne et qui est alimenté depuis le bain supérieur à travers le jeu annulaire compris entre la colonne et la paroi du moyeu du carénage.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le pied du "carénage pivotant" d'un "pylône porteur", qui accueille le logement de l'organe de guidage en rotation inférieur, est, selon deux variantes :

- soit situé au dessus de la surface du "flotteur immergé", le pied du "carénage pivotant" présentant le cas échéant un renflement local pour pouvoir loger le roulement,
- soit entièrement masqué à l'écoulement d'eau en étant situé plus bas que cette surface par pénétration avec jeu du moyeu tubulaire prolongeant le "carénage pivotant" dans un logement

ménagé dans le "flotteur immergé", logement fermé en haut par un couvercle encastré et affleurant le dessus du flotteur, démontable en plusieurs parties avec plans de joint radiaux, fixé à la paroi du flotteur par des vis et muni d'un joint tournant frottant contre la face externe du moyeu du carénage pour interdire la pénétration de corps étrangers dans ce logement.

5 3.8.3.d - *Passage éventuel d'organes de liaison verticaux*

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, certains "carénages pivotants" sont munis d'une lumière verticale traversante non étanche, distincte de la lumière par laquelle traverse la colonne formant pivot du carénage, située en aval de celle-ci ; cette lumière aval permet le passage de câbles, canalisations ou arbres de transmission mécanique reliant
10 l'élément supérieur auquel est fixé la colonne et le ou les éléments inférieurs qui est (ou sont) solidaire(s) du pied de cette colonne (selon le cas : "flotteur immergé", "aileron(s) orientable(s)" ou "girouette(s) hydraulique(s)"). La section horizontale de cette lumière est prévue pour permettre le pivotement du carénage malgré la présence de ces arbres, câbles ou canalisations (par exemple, elle a une forme de secteur de couronne circulaire centrée sur l'axe de la colonne).

15 Dans une variante des modes de réalisation du dispositif selon l'invention décrits au chapitre 3.8.3.c précédent (p. 21), des bagues cylindriques excentrées, à balourd situé du côté aval de la colonne (qui est selon le cas un "pylône porteur", un "mât porte-ailerons orientables" ou un "mât porte-girouettes hydrauliques"), sont emmanchées sur cette dernière à hauteur des organes de guidage en rotation du "carénage pivotant", et immobilisées par rapport à cette colonne (par exemple par des
20 vis pointeau freinées, à axes radiaux, pénétrant dans des encoches coniques de la colonne) ; le (ou les) roulement(s) supérieur(s) sont emmanchés sur la bague excentrée supérieure ; les aiguilles du roulement du pied de carénage roulent directement sur la surface rectifiée, polie miroir et le cas échéant traitée de la bague excentrée inférieure ; ces bagues excentrées permettent le passage par des orifices verticaux, ménagés dans leur partie balourd, de câbles, canalisations ou arbres de
25 transmission entre l'élément supérieur et l'élément inférieur entretoisés par la colonne (selon le cas, l'élément inférieur est un "flotteur immergé", ou bien un ou plusieurs "ailerons orientables", ou encore une ou deux "girouettes hydrauliques").

Selon deux sous-variantes de la variante décrite au paragraphe précédent :

- 30 • soit la lumière par où passe la colonne est étanche à l'eau sur toute sa hauteur et dans ce cas l'étanchéité du bain d'huile commun à l'ensemble des roulements de guidage du carénage est assurée par un joint (ou deux joints d'étanchéité en cascade) monté(s) dans une (ou deux) gorges internes du moyeu du carénage et frottant sur la face cylindrique externe de chaque bague excentrée, et ce, du côté inférieur de la bague excentrée inférieure et du côté supérieur de la bague excentrée supérieure,
- 35 • soit la lumière par où passe la colonne n'est pas étanche à l'eau et dans ce cas l'étanchéité de chacun des bains d'huile individuels à chaque guidage en rotation est assurée par un joint d'étanchéité (ou deux joints en cascade) monté dans une (ou deux) gorges internes du moyeu du carénage et frottant sur la face cylindrique externe de chaque bague excentrée, et ce, de chaque côté de chaque guidage en rotation et la communication entre les bains d'huile
40 individuels est assurée par un fin canal longitudinal ménagé dans l'épaisseur de la paroi du

moyeu du carénage.

3.8.4 - Caractéristiques concernant l'appareil propulsif éolien

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le "dispositif principal de propulsion" est éolien est il comporte des appendices aériens dont la force de portance aérodynamique est réglée par l'orientation de chaque appendice au moyen d'une écoute dont l'extrémité opposée à l'appendice est retenue par un dispositif régulateur d'effort à loi de comportement élastique, ce régulateur ayant son bâti solidaire de la structure du bâtiment ou solidaire d'un espar dont la position n'est pas modifiée par les déplacements de l'écoute.

3.8.4.a - Dispositifs régulateurs d'effort

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les dispositifs régulateurs d'effort à loi de comportement élastique du "dispositif principal de propulsion" éolien sont constitués chacun d'un tambour tournant librement sur un arbre solidaire du bâti du régulateur ; ce tambour est un double treuil comportant deux pistes en forme de cames à profil différents qui reçoivent les enroulements antagonistes de l'écoute de retenue de l'appendice éolien et d'un second câble ; ce dernier a son extrémité opposée ancrée à un élément rigide solidaire du bâti précité par l'intermédiaire d'un vérin pneumatique à faible frottement relié par canalisation de gros diamètre à un réservoir d'air comprimé ; ce dernier est de volume très important par rapport au volume maximum de la chambre du vérin et sa pression interne est réglable pour l'adapter à la force du vent et à la taille de l'appendice éolien en service, par exemple par compresseur, vannes et manomètre ou bien par bouteilles de gaz sous haute pression rechargeables et détendeur réglable.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les profils de came des enroulements antagonistes sur le tambour du régulateur sont prévus pour que le moment, par rapport à l'axe solidaire de la structure du bâtiment autour duquel pivote l'appendice éolien, de la force de traction de l'écoute, ait une croissance linéaire en fonction de l'angle du plan porteur moyen de cet appendice éolien lorsque cet angle évolue de 0° ("bout au vent") à 180° (plein "vent arrière" et plan moyen de l'appendice parallèle à la direction du vent), cette croissance étant relativement faible (de l'ordre de 10 à 20% lorsque l'angle augmente de 0° à 180°).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, certains câbles des régulateurs d'effort sont guidés à proximité de leur enroulement sur le tambour en étant enserrés entre les gorges de deux poulies quasi-tangentes dont les axes sont portées par un chariot coulissant parallèlement à l'axe du tambour, sur un rail de guidage solidaire du bâti du régulateur, le déplacement de ce chariot étant commandé par un dispositif lié à la rotation du tambour ; selon deux variantes non limitatives, il s'agit soit d'un entraînement par un câble solidaire du chariot en son milieu et entraîné à ses extrémités, via des poulies de renvoi à axe solidaire du bâti, par des enroulements antagonistes sur les deux extrémités du tambour, cylindriques et de plus petit diamètre, formant treuils annexes, soit d'un système vis-écrou dont l'écrou est fixé au chariot et dont la vis, maintenue par des butées axiales solidaire du bâti, est entraînée en rotation par un engrenage, une chaîne ou une courroie crantée, eux-mêmes entraînés par un pignon ou une poulie crantée solidaire du tambour.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, certains

dispositifs régulateurs d'effort précités sont implantés sous le pont et les écoutes les rejoignent à travers un jeu de renvois par poulies à billes en traversant le pont par des ouvertures, situées le cas échéant aux emplacements où sont habituellement fixés les winches d'écoute sur les voiliers.

5 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le tambour des régulateurs d'effort précités est solidaire d'un capteur d'un type courant pour la mesure absolue de position angulaire et d'un actionneur à limitation de force ou de couple (par exemple un moteur pas à pas d'un type courant et d'un couple approprié, le cas échéant associé à un réducteur à engrenage) ou associé à un limiteur de force ou de couple ; la commande de l'actionneur et le capteur sont reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" dont le
10 logiciel affine le réglage d'écoute pour compenser les frottements internes du régulateur d'effort.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque dispositif régulateur d'effort comporte plusieurs vérins pneumatiques couplés mécaniquement dont certains peuvent être mis instantanément en service ou hors service (en quelque sorte "débrayés", leurs deux chambres étant mises à l'air libre) au moyen de vannes, de manière à s'adapter
15 immédiatement en cas de brusque variation de vitesse du vent.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque dispositif régulateur d'effort a son vérin pneumatique pouvant être instantanément connecté au moyen de vannes à un réservoir pneumatique choisi parmi plusieurs à pressions entretenues différentes, de manière à réagir immédiatement à une brusque variation de force du vent.

20 3.8.4.b - Dispositifs de voilure et gréement à grand débattement angulaire

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le ou les mâts du dispositif éolien sont prévus pour pouvoir pivoter sur une course angulaire dépassant 180° et atteignant le cas échéant 360° ; à cet effet les câbles éventuels les maintenant dressés y sont amarrés par ferrures tournantes sur butées à roulement et leur trajet est prévu pour qu'aucun
25 appendice tournant avec le mât ne les accroche (bôme, voiles...).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, des chandeliers verticaux avec manchons tournants sur roulements sont implantés sur la "plate-forme habitable" ou sur des "bras rayonnants" pour guider les écoutes du dispositif éolien selon un angle de traction favorable en les interceptant au passage lorsqu'elles parviennent vers l'avant.

30 3.8.4.c - Dispositif d'arrêt d'urgence

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, un dispositif d'arrêt d'urgence est prévu, commandé par le logiciel du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" auquel chaque actionneur est relié, aussitôt qu'est franchi soit le seuil d'alerte prédéfini de vitesse admissible du bâtiment en fonction de la profondeur d'eau, soit la profondeur d'eau minimale
35 admissible, et selon deux variantes du mode de réalisation :

- soit une électrovanne d'un type courant, à ouverture brusque et gros débit, reliée à l'air libre, permet de faire instantanément chuter la pression dans la chambre de chaque vérin pneumatique des dispositifs de régulation d'effort à loi de comportement élastique retenant les écoutes des appendices éoliens et simultanément les moteurs de réglage angulaire des tambours

des régulateurs d'efforts sont commandés pour laisser filer les écoutes en grand,

- soit un dispositif de largage instantané est prévu sur chaque écoute (par exemple chaque mousqueton tenant le point d'écoute d'une voile est à ouverture télécommandable par une cordelette brutalement tirée par un actionneur électrique d'un type courant, de force et de temps de réponse appropriés).

3.8.5 - Caractéristiques concernant des modes de propulsion non éoliens

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le "dispositif principal de propulsion" fonctionne à l'énergie solaire recueillie par des panneaux de cellules photoélectriques d'un type courant, choisi de rendement élevé. Ces panneaux tapissent un plancher
10 solide des "bras rayonnants" et ils sont reliés par câbles électriques à un régulateur, à une batterie d'accumulateurs et à un ou des moteurs électriques entraînant une ou des "hélices immergées" située(s) par exemple à l'arrière du (ou des) "flotteurs immergés". Le régulateur, la batterie et le ou les moteurs électriques sont chacun d'un type courant choisi avec des caractéristiques appropriées. Selon différentes variantes, chacun de ces trois derniers équipements électriques est logé dans la
15 "plate-forme habitable" ou dans le dispositif porteur ; selon le cas, une ou des transmissions électriques par câble et/ou transmissions mécaniques par arbres rotatifs avec renvois d'angles d'extrémités à engrenage relie(nt) la "plate-forme habitable" et un (ou des) "flotteurs immergés".

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le "dispositif principal de propulsion" utilise l'énergie d'un combustible embarqué et il comprend un ou des
20 moteurs d'un type courant prévu pour la propulsion marine, entraînant une ou des "hélices immergées" située(s) par exemple à l'arrière du (ou des) "flotteurs immergés". Selon différentes variantes, la ou les installations motrices sont logés dans la "plate-forme habitable" et/ou dans le dispositif porteur ; selon le cas une transmission mécanique à arbres rotatifs et renvois d'angles d'extrémités à engrenage ou l'alimentation et la commande du ou des moteurs relie la "plate-forme
25 habitable" et le (ou les) "flotteurs immergés" concernés comme décrit au chapitre 3.8.3.d (p.22).

Dans des modes de réalisation particuliers et non exclusifs du dispositif selon l'invention :

- la paroi du "floteur immergé" comporte une trappe démontable et parfaitement étanche permettant l'accès à un compartiment contenant des équipements pour les opérations en cale sèche concernant le montage et la maintenance de ces équipements ; l'étanchéité de cette trappe
30 est par exemple assurée par un joint plan serré par une ligne de vis très rapprochées, engagées dans des trous borgnes taraudés dans la paroi du floteur, qui suit le périmètre de la trappe.
- l'étanchéité du joint d'arbre "d'hélice immergée" et celle de la trappe sont surveillées par des dispositifs à reniflard comme décrit plus loin au chapitre 3.8.11 (p.33).

3.8.6 - Caractéristiques concernant le dispositif à masses mobiles et les réservoirs

35 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque réservoir ou ballast du "dispositif de tare réglable", ainsi que du "dispositif d'équilibrage à masse mobiles" dans le cas où ce dernier est basé sur le déplacement d'une masse d'eau, est muni d'un capteur d'un type courant, mesurant la hauteur d'eau contenue, qui est relié au calculateur

électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" et ce réservoir est aussi muni de parois internes verticales réalisant un compartimentage du volume interne pour limiter le ballonnement ; ces parois sont munies d'ouvertures calibrées en partie basse pour le passage de l'eau et en partie haute pour le passage de l'air lors des opérations de transfert d'eau.

- 5 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" comporte un compartiment-ballast situé dans chaque "flotteur auxiliaire". Ces réservoirs sont reliés entre eux par des canalisations convergeant dans une chambre d'intercommunication située dans la "plate-forme habitable" et chacune comporte une pompe bidirectionnelle à gros débit sous faible pression, doublée d'une vanne d'un type courant à
- 10 fermeture rapide si la pompe n'est pas étanche à l'arrêt. Chaque pompe peut être par exemple (non limitatif) un propulseur électrique d'étrave d'un type courant ou une pompe péristaltique d'un type courant. Chaque fonction de pompage bidirectionnel dans ce dispositif peut aussi être assurée par deux pompes unidirectionnelles montées tête-bêche dans deux canalisations formant "by-pass" avec un distributeur mettant en service une canalisation ou l'autre. La chambre
- 15 d'intercommunication précitée est en outre reliée à l'eau extérieure par une canalisation munie d'une pompe bidirectionnelle et d'une vanne de fermeture de types courants et d'une crépine pour le remplissage et la vidange (rappel important : le volume d'eau admis pour la navigation en "régime vitesse rapide" est égal au volume moyen des réservoirs du dispositif, et non pas à la somme de leurs volumes) ; ces opérations n'interviennent normalement que lors de la mise à l'eau et lors de la
- 20 sortie de l'eau (pour l'hivernage par exemple).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les motopompes de transfert entre les réservoirs du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles", ainsi que les éventuelles électrovannes associées à ces motopompes, sont commandées par le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" auquel elles sont reliées.

25 3.8.7 - Caractéristiques concernant la fixation des mâts porte-ailerons ou porte-girouettes

3.8.7.a - Liaison rigide à charge de rupture calibrée

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "mât porte-ailerons orientables" est prolongé en partie supérieure par une robuste ferrure encastrée dans un "flotteur auxiliaire". La partie inférieure de la ferrure et la partie supérieure du mât sont
- 30 constituées par deux robustes brides planes en vis-à-vis, assemblées l'une contre l'autre par des boulons à résistance à la rupture calibrée, calculée pour éviter tout effort excessif pouvant endommager le "flotteur auxiliaire" et le reste de la structure du bâtiment en cas de heurt d'obstacle sur l'avant par le mât ou par les "ailerons orientables".

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "mât porte-girouettes hydrauliques" est prolongé en partie supérieure par une robuste ferrure solidaire
- 35 d'une poutre horizontale fixée à l'avant de la "plate-forme habitable". La partie inférieure de la ferrure et la partie supérieure du mât sont constituées par deux robustes brides planes en vis-à-vis, assemblées l'une contre l'autre par des boulons à résistance à la rupture calibrée, calculée pour éviter tout effort excessif pouvant endommager la poutre et le reste de la structure du bâtiment en
- 40 cas de heurt d'obstacle sur l'avant par le mât ou par les "girouettes hydrauliques".

3.8.7.b - Liaison à limitation d'efforts par billes, ressort et câbles à rupture calibrée

Dans un autre mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, la liaison de chaque "mât porte-ailerons orientables" et/ou de chaque "mât porte-girouettes hydrauliques" à l'élément de structure supérieur du bâtiment est assuré par deux robustes plaques planes superposées et horizontales ou inclinées vers l'amont, normalement solidaires l'une de l'autre par un dispositif de positionnement et de plaquage l'une contre l'autre à limitation d'effort ; la plaque supérieure est rigidement solidaire de l'élément de structure supérieur du bâtiment et la plaque inférieure est rigidement solidaire de la tête du mât, avec le cas échéant des renforts constitués par des raidisseurs triangulaires verticaux disposés radialement autour du mât, logés dans la forme évasée du haut du "carénage pivotant".

Le positionnement anti-glissement des deux plaques est assuré par trois billes serties dans l'une des plaques et venant s'emboîter dans trois cuvettes en creux de l'autre plaque ; le serrage des plaques l'une contre l'autre est assuré par trois câbles tendus, à force de rupture calibrée.

Ces trois câbles sont ancrés à la plaque inférieure et ils traversent la plaque supérieure perpendiculairement à celle-ci par des trous à orifices inférieurs évasés, arrondis et polis pour ne pas y être détériorés, puis ils passent sur trois poulies à gorge situées au-dessus de cette plaque supérieure, à axes orthogonaux à l'axe longitudinal du "bras rayonnant" (cas "ailerons orientables") ou de la poutre avant (cas "girouettes hydrauliques").

Finalement, ces trois câbles se rejoignent et se fondent en un câble de traction unique, de résistance surdimensionnée et de direction sensiblement parallèle à l'axe de l'élément de structure supérieur du bâtiment ("bras rayonnant" ou poutre avant précitées) ; l'autre extrémité de ce câble de traction unique est fixée à un ressort de compression (du type de ceux interposés sur les amarres de bateaux comme amortisseurs).

L'autre extrémité du ressort est accrochée à un second câble de résistance surdimensionnée, dont l'autre extrémité est fixée à un levier ou un palan verrouillable servant tantôt à la mise sous tension des câbles et du ressort pour verrouiller la liaison, et tantôt à les relâcher pour pouvoir séparer les deux plaques afin de relever volontairement le mât ; chacune des billes est voisine de l'ancrage inférieur de l'un des câbles à résistance calibrée et les trois couples qu'ils forment sont disposés aux sommets d'un triangle isocèle dont la base, voisine du bord aval des plaques, est parallèle à l'axe OY et le sommet opposé à cette base est situé du côté amont par rapport à la base.

Le mât est assuré par amarrage au bâtiment au moyen d'un câble long de résistance intermédiaire, rangé replié en accordéon sur l'élément de structure supérieur du bâtiment et maintenu par bracelets élastiques ou fil à rompre ; en cas de heurt d'obstacle avec bref et léger déboîtement des billes, la liaison se rétablit d'elle même ; en cas d'effort plus intense, elle se déboîte complètement et il est nécessaire de détendre, puis de retendre progressivement les câbles pour la rétablir ; en cas d'effort violent, un ou plusieurs câbles calibrés se rompent et leur remplacement est nécessaire pour rétablir la liaison.

Dans une variante du mode de réalisation du dispositif selon l'invention décrit au paragraphe précédent, les mâts à liaison à limitation d'efforts par billes, ressort et câbles à charge de rupture calibrée sont munis d'un dispositif de relevage volontaire vers l'aval et le haut au moyen d'un câble

fixé sur une oreille du bord de fuite du "carénage pivotant", située sur sa moitié supérieure, éventuellement doublé d'un câble ancré plus bas pour achever le relevage ; ce ou ces câbles de relevage passent sur une poulie prenant appui sur l'élément de structure supérieur du bâtiment, le cas échéant par l'intermédiaire d'un bossoir solidaire de ce dernier par sa base ; le mât peut être relevé en détendant les câbles et le ressort assurant le serrage des deux plaques de la liaison et en le hissant par ce ou ces câbles.

Dans une variante du mode de réalisation du dispositif selon l'invention décrit deux paragraphes plus haut, les trois poulies sont remplacées par trois éléments rapportés en forme de quart de poulie à gorge, en matériau à faible coefficient de frottement (PTFE par exemple), formant guides de renvoi d'angle coulissant pour les câbles à résistance calibrée.

3.8.7.c - Liaison par charnière à butée et maintien en butée par attraction magnétique

Dans un autre mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, la liaison des "mâts porte-ailerons orientables" et/ou "porte-girouettes hydrauliques" à l'élément de structure supérieur du bâtiment dont chacun est solidaire est assurée par une robuste charnière de sécurité d'axe parallèle à l'axe OY comportant d'une part une butée limitant le pivotement du mât vers l'amont de manière à ce que ce mât soit en position verticale basse et d'autre part un dispositif à limitation d'effort pour le maintien en appui contre la butée, qui permet au mât de s'escamoter en pivotant vers l'aval et en se relevant en cas de heurt d'obstacle par l'avant ; la résistance à la rupture des fixations de la charnière au mât et/ou à l'élément de structure supérieur du bâtiment est prévue pour éviter tout effort excessif pouvant endommager la structure principale du bâtiment en cas d'accrochage sans relâchement des "ailerons orientables" ou des "girouettes hydrauliques" par un obstacle fixé au fond (chaîne ou câble par exemple). Ce dispositif est ainsi constitué :

- Dans le cas d'un "mât porte-ailerons orientables", selon deux variantes particulières et non limitatives, l'axe de la charnière est solidaire du dessous du "flotteur auxiliaire" ou est solidaire d'une ferrure fixée sur le côté aval du "bras rayonnant" et un câble fixé à une oreille située sur la moitié supérieure du bord de fuite de son "carénage pivotant" permet son relèvement volontaire, le cas échéant jusqu'à la verticale ; le cas échéant, ce câble est doublé d'un second câble, ancré plus bas que le premier, pour permettre la fin du relevage du mât.
- Dans le cas d'un "mât porte-girouettes hydrauliques", selon deux variantes particulières et non limitatives, l'axe de la charnière est solidaire du dessous d'une poutre située à l'avant de la structure du bâtiment et soit le "carénage pivotant" est tronqué selon une découpe inclinée de la partie haute de son bord de fuite pour permettre un relèvement partiel du mât, soit la charnière de sécurité est déportée latéralement par rapport à la poutre au moyen d'une ferrure pour permettre un relèvement complet du mât sans que celui-ci ou les girouettes ne heurtent la poutre ; dans les deux cas, un câble est le cas échéant fixé à une oreille située sur la moitié supérieure du bord de fuite du "carénage pivotant" du mât pour permettre le relèvement volontaire de ce dernier, le cas échéant jusqu'à la verticale en cas de ferrure déportée ; le cas échéant, ce câble est doublé d'un second câble, ancré plus bas que le premier, pour permettre la fin du relevage du mât.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le dispositif de retenue à limitation d'effort de la charnière de sécurité est une robuste fermeture magnétique à aimant permanent et palette en matériau ferreux fermant l'entrefer lorsque la fermeture est fermée. Le plan de contact des deux parties de la fermeture magnétique est parallèle à l'axe OY (et non pas à l'axe du "bras rayonnant"). Selon deux variantes du mode de réalisation :

- soit une première partie de la fermeture magnétique est fixée au mât relevable via une robuste patte horizontale dirigée vers l'amont et formant avec ce mât une équerre rigide et l'autre partie de la fermeture magnétique est fixée à l'élément de structure supérieur du bâtiment,
- soit la patte horizontale formant bras d'équerre avec le mât est au contraire dirigée vers l'aval, la première partie de la fermeture magnétique est fixée sur le dessous de cette patte et la seconde partie est fixée sur le dessus d'une patte similaire, située en dessous de la première patte et solidaire de l'élément supérieur ; la racine de la patte fixe est déportée pour que la patte mobile ne heurte aucun élément de structure en se relevant avec le mât ; cette seconde variante offre l'avantage que la patte mobile s'esquive vers le haut, ce qui évite que cette patte mobile accroche l'obstacle si celui-ci est au ras de la surface de l'eau.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les mâts relevables à charnière de sécurité magnétique sont munis d'un dispositif de rappel vers l'avant, à ressort de traction et/ou à câble sur poulie prenant appui sur l'élément de structure supérieur du bâtiment, le cas échéant par l'intermédiaire d'un bossoir solidaire de ce dernier vers l'amont ; le cas échéant, un dispositif à câble sur poulie et bossoir est prévu du côté aval des bras pour le relevage volontaire des mâts par l'équipage au moyen d'un palan ou d'un treuil.

3.8.8 - Caractéristiques concernant les ailerons orientables et leur volet

Note : Relevant de l'état de l'art en architecture navale, la connaissance du fonctionnement des ailerons hydrodynamiques n'est pas exposée ici ; les données expérimentales utilisées pour rédiger la présente description sont issues de l'ouvrage "Aero-Hydrodynamics of sailing" de C.A. Marchaj, Editions Adlard Coles - William Collins Sons & Co Ltd, 2^{ème} édition, 1988 (ISBN 0-229-11835-6).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "aileron orientable" a son pivot solidaire d'un "mât porte-ailerons orientables" à l'extrémité inférieure de ce mât, ou non loin de cette extrémité.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "ailerons orientables" sont groupés à l'extrémité inférieure d'un même "mât porte-ailerons orientables" par paire complémentaire composée d'un aileron à axe de rotation vertical et d'un aileron à axe de rotation horizontal parallèle à l'axe OY.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, "l'aileron orientable" à axe de rotation vertical d'une paire d'ailerons complémentaires est situé au-dessus de "l'aileron orientable" à axe de rotation horizontal.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "ailerons orientables" sont des ailes à profil symétrique NACA compris entre NACA 0008 et NACA 0020

(le choix d'une valeur comprise entre NACA 0012 et NACA 0015 est recommandé).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "ailerons orientables" ont une envergure comprise entre 7% et 10% de la longueur hors tout du dispositif porteur et ont un allongement d'environ 2 (7% permet une vitesse légèrement plus élevée par vent de travers, au détriment de la capacité de remontée au vent ; 10% permet un meilleur angle de remontée au vent, avec une perte minime de vitesse par vent de travers ; une valeur comprise entre 8 et 9% constitue un compromis recommandé).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "ailerons orientables" ont un plan de forme à bord de fuite rectiligne et à bord d'attaque légèrement en flèche, la corde du profil diminuant progressivement du milieu de l'envergure vers les extrémités de l'aile.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "ailerons orientables" sont compensés à environ 20% (c'est à dire qu'environ 20% de la surface de leur plan porteur sont situés en amont de l'axe de pivotement) et ils sont munis d'un volet de bord de fuite de même envergure qu'eux et dont la corde du profil a une longueur d'environ 20 à 30% de la longueur de leur propre corde de profil.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, selon deux variantes, soit le volet et l'aileron ont des profils de section droite géométriquement semblables et un jeu de l'ordre de 10 à 20% de la longueur de la corde du volet subsiste entre le bord de fuite de "l'aileron orientable" et le bord d'attaque du volet, soit le volet a son bord d'attaque encastré dans une gouttière ménagée le long du bord de fuite de "l'aileron orientable" de sorte que lorsque l'angle dièdre des plans porteurs de l'aileron et de son volet est de 180°, l'aileron et le volet forment ensemble une surface hydrodynamique quasi-continue à section en profil d'aile (par exemple - non limitatif - avec un profil NACA 0015).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les articulations des "ailerons orientables" avec leur volet de bord de fuite sont à roulements sous bain d'huile sous pression permanente. L'huile est distribué par un réseau de canalisations et de canaux partant de la "plate-forme habitable", longeant les "bras rayonnants" puis les "mâts porte-ailerons orientables" et comportant des tronçons souples (ou des raccords tournants et étanches) au voisinage des éléments mobiles (charnière de sécurité à limitation d'effort et "ailerons orientables").

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, l'arbre pivot au volet est immobile par rapport à "l'aileron orientable" associé en étant solidaire par ses extrémités de deux plaques perpendiculaires à l'axe de rotation de cet aileron, fixées en extrémités d'aile de ce dernier.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, "l'aileron orientable" à axe de rotation vertical, et le cas échéant son volet, comportent des plaques de garde horizontales ("fences" en anglais) aux extrémités de l'envergure et quelques-unes intermédiaires, réparties de façon équidistante, destinées à retarder la cavitation en cas d'émergence partielle et accidentelle de l'aileron dans un creux de vague particulièrement important. Ces plaques débordent de chaque côté du profil hydrodynamique d'une largeur égale à environ 20 à 30% de l'épaisseur

maximale du profil d'aile, sauf dans la zone de raccordement de l'aileron avec le volet pour ne pas entraver le débattement de ce dernier.

3.8.9 - Caractéristiques concernant le mécanisme de commande de l'angle dièdre

3.8.9.a - Vue d'ensemble

- 5 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "aileron orientable" est muni d'un volet de bord de fuite et l'angle dièdre de leurs plans porteurs est imposé par un actionneur commandé par le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" ; "l'aileron orientable" s'oriente ainsi automatiquement par rapport à la direction locale de l'écoulement de l'eau de sorte que la résultante des forces de portance
- 10 hydrodynamique équilibre la force de réaction du pivot de cet aileron.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, un capteur de mesure angulaire d'un type courant et fiable (par exemple à codage absolu) relié au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" mesure l'angle dièdre du volet avec l'aileron. En cas de commande "d'aileron orientable" d'axe de rotation vertical, un capteur supplémentaire de
- 15 même type relié à ce calculateur mesure en outre l'angle de rotation de cet aileron par rapport au "mât porte-ailerons orientables".

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" commande un actionneur qui règle l'angle de rotation d'un arbre de transmission rotatif vertical ou quasi-vertical. L'angle de
- 20 consigne donné par le logiciel est la valeur requise de l'angle dièdre précité en cas de commande "d'aileron orientable" à axe de rotation horizontal ; par contre, la valeur de consigne donnée est la somme de la valeur requise et de l'angle de rotation de l'aileron en cas de commande "d'aileron orientable" d'axe de rotation vertical. Le mécanisme de chaque chaîne de transmission de mouvement de l'actionneur au volet de bord de fuite est le suivant :

- 25 • L'actionneur est d'un type courant, par exemple un moteur électrique pas à pas de couple suffisant, éventuellement associé à un réducteur à engrenage, ou un moteur hydraulique à commande électrique et à alimentation par une centrale hydraulique située dans la "plate-forme habitable".
- Son bâti est solidaire du "mât porte-ailerons orientables" et il est situé juste sous la tête du mât,
- 30 du côté aval, le cas échéant dans un carter étanche, et le cas échéant à l'abri de la partie évasée supérieure du "carénage pivotant", cette dernière étant prévue suffisamment vaste pour permettre le débattement angulaire du "crénage pivotant".
- Dans le cas où l'arbre de transmission rotatif doit en outre disposer d'un degré de liberté supplémentaire pour pouvoir exécuter de petits mouvements pendulaires autour de la verticale,
- 35 selon deux variantes, soit un joint de transmission souple en flexion et rigide en torsion est interposé entre l'arbre de l'actionneur et l'arbre de transmission vertical, soit ces deux arbres sont couplés rigidement, le bâti de l'actionneur étant alors monté sur un pivot horizontal pour pouvoir accompagner l'arbre de transmission dans ses petits mouvements pendulaires.

3.8.9.b - Dispositifs de transmission de rotation aux volets par quadrilatères articulés

Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, la transmission mécanique entre actionneurs et volets est assurée de la manière suivante :

- 5 • Chaque volet de bord de fuite est muni de deux oreilles latérales formant guidon récepteur, qui est orienté au moyen de deux poussoirs à articulations à rotules. Ces poussoirs sont commandés par la rotation d'un guidon moteur aux extrémités duquel ils sont aussi articulés par rotules.
- Ce guidon moteur est solidaire, par l'intermédiaire d'un limiteur de couple cranté, serré par un ressort exerçant un effort de serrage radial, d'un arbre de transmission rotatif quasi-vertical venant de la tête du "mât porte-ailerons orientables".
- 10 • Cet arbre de transmission longe le mât du côté aval en passant par des ouvertures ménagées dans le balourd de bagues excentrées emmanchées sur le mât, internes aux roulements de guidage du "carénage pivotant" et le cas échéant de "l'aileron orientable" supérieur.
- Les guidons et poussoirs constituent des quadrilatères articulés : celui de "l'aileron orientable" à axe de rotation vertical est un parallélogramme plan et celui de "l'aileron orientable" à axe de rotation horizontal est un quadrilatère gauche à guidons à rotations d'axes orthogonaux.
- 15 • Chaque arbre rotatif de transmission est capable de très petits déplacements pendulaires dans le plan vertical de symétrie de "l'aileron orientable" :
 - Il est guidé en partie supérieure, par exemple par un joint de Cardan relié à l'arbre de sortie du moteur ou de son réducteur associé.
 - 20 - Le roulement à aiguilles guidant son extrémité inférieure a sa bague externe qui glisse avec un très faible jeu entre les faces verticales parallèles et ajustées d'une lumière oblongue ménagée dans la structure de l'aileron et formant guidage plan vertical tournant avec l'aileron.
 - Cette bague est repoussée vers le volet par un ressort prenant appui sur cette structure, de manière à garantir l'appui des contacts sphériques des rotules précitées.
 - 25

3.8.10 - Caractéristiques concernant l'usage d'articulations poussantes à contact roulant

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque articulation des quadrilatères déformables des mécanismes de commande d'angle dièdre aileron-volet qui sont constitués de bielles exclusivement poussantes formant avec les guidons attenants des angles qui, lors du fonctionnement, oscillent avec une faible amplitude autour de leur valeur moyenne, est réalisée de la manière suivante :

- Les extrémités associées d'une bielle poussante et du bras d'un guidon comportent deux zones à faces concaves tournées l'une vers l'autre en forme de calottes de sphères coaxiales à l'axe de bielle lorsque l'angle de l'articulation est à sa valeur moyenne.
- 35 • Chaque paire de cuvettes emprisonne une bille, de diamètre inférieur à celui des sphères des cuvettes, qui roule entre ces dernières lorsque l'angle de l'articulation évolue ; le mécanisme est

construit avec une légère précontrainte axiale dans les bielles, de manière à supprimer tout jeu et empêcher que les billes n'échappent des cuvettes en vis-à-vis.

- 5 • Les cuvettes sont le cas échéant réalisées sur des éléments en matériau à dureté élevée rapportés aux extrémités des bielles et guidons ; le cas échéant, certaines de ces cuvettes sont réalisées à l'extrémité d'une vis traversant le bras d'un guidon et munie à l'extrémité opposée d'une forme pour l'entraînement en rotation par un outil pour régler la précontrainte et d'un dispositif de freinage, par exemple un contre-écrou.
- 10 • Le cas échéant, chaque cuvette est située à l'extrémité d'une très courte partie cylindrique en saillie, coaxiale à la bielle lorsque l'angle de l'articulation est à sa valeur moyenne, de diamètre voisin de celui de la bille et un manchon en matériau élastique, chimiquement stable par rapport aux fluides environnants, tubulaire (ou galbé ou en forme de soufflet pour une déformation élastique aisée), de diamètre interne légèrement inférieur à celui de ces parties en saillie situées en vis-à-vis, et de longueur légèrement trop grande, est enfilé à force sur ces parties cylindriques en saillie et protège les surfaces de roulement de particules étrangères. Le cas échéant un lubrifiant (introduit au montage par seringue) remplit la cavité étanche délimitée par le manchon souple et les deux cuvettes attenantes. Le cas échéant, la fixation de ce manchon est renforcée par des colliers de serrage (par exemple en fil métallique élastique ou à vis tangente) comprimant radialement chaque extrémité du manchon autour de la partie en saillie sur laquelle elle est enfilée.

20 Dans quatre variantes du mode de réalisation précédent :

- Soit la bille est sertie, sur le guidon ou bien à l'extrémité de la bielle,
- Soit la bille est remplacée par un ergot à extrémité sphérique équivalente, solidaire du guidon ou bien de l'extrémité de la bielle.

25 Dans ces quatre variantes, la partie sphérique à l'extrémité de la bielle ou à l'extrémité du guidon peut le cas échéant surmonter une courte partie cylindrique recevant l'extrémité d'un manchon souple protecteur comme dans le mode de réalisation précédemment décrit.

3.8.11 - Caractéristiques concernant la protection des articulations et ouvertures exposées à l'eau

30 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les organes de guidage des articulations (comme par exemple : paliers lisses, galets, roulements à billes, à rouleaux ou à aiguilles) qui sont exposées à l'eau sont protégées par joints d'étanchéité et par interdiction d'entrée de l'eau grâce à un circuit de distribution d'huile sous pression supérieure derrière le joint, cette pression étant entretenue en navigation grâce à un pressostat et au port grâce à la pression hydrostatique d'une colonne fluide montant par une canalisation jusqu'à un réservoir situé en hauteur, avec surface libre à la pression atmosphérique ; le circuit approprié de mise en pression est sélectionné au moyen d'une vanne distributrice formant aiguillage. Selon deux
35 variantes, le pressostat comprend une pompe à déclenchement automatique par contact manométrique à seuils mini-maxi, ou bien un réservoir d'air ou de gaz comprimé sous haute pression relié à un détendeur à pression de sortie constante. Le circuit de distribution d'huile

comporte des canalisations longeant les "mâts porte-ailerons orientables" qui traversent les "carénages pivotants" par un passage ménagé selon description du chapitre 3.8.3.d (p.22), un tronçon de raccordement souple à chaque "aileron orientable", et dans ce dernier un canal menant aux organes de guidage en rotation de l'articulation entre "l'aileron orientable" et son volet.

- 5 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les arbres tournants qui traversent une paroi étanche immergée (comme par exemple un arbre "d'hélice immergée" à la pointe arrière d'un "flotteur immergé" ou un arbre de capteur de mesure de position angulaire d'un "aileron orientable", d'un volet de bord de fuite ou d'une "girouette hydraulique") sont munis de deux joints d'étanchéité tournants successifs entre lesquels règne un bain d'huile
- 10 pressurisé amené par une canal dans la paroi, relié au réseau de distribution décrit au paragraphe précédent et sont en outre accompagnés, sur la face interne de la paroi, d'une gouttière avec entonnoir pour recueillir un éventuel suintement d'huile dans le compartiment ; l'entonnoir est raccordé à un fin tube formant reniflard ; ce tube rejoint une chambre à vide, située par exemple dans la "plate-forme habitable", dans laquelle règne une pression absolue d'environ 0,1 bar
- 15 entretenue par une pompe à dépression à déclenchement automatique par un mano-contact ; avant de pénétrer dans cette chambre à vide, chaque tube passe par un détecteur de présence de liquide ; ce dernier peut être par exemple un détecteur électronique, ou bien un ensemble de deux vases de mesure transparents et gradués, montés en parallèle avec deux vannes distributrices permettant de mettre en service tantôt un vase, tantôt l'autre pour permettre leur vidange et nettoyage après une
- 20 fuite ; l'équipage peut ainsi détecter un début de fuite de liquide et planifier une opération de maintenance ; dans le cas où ce compartiment ne communique pas librement par une canalisation débouchant à l'air libre, il est muni de soupapes tarées communiquant avec des espaces où règne des pressions appropriées, qui s'ouvrent et se ferment automatiquement en fonction de l'écart de la pression effective dans ce compartiment à la pression nominale qui devrait y régner, de manière à
- 25 rétablir automatiquement cette pression nominale en compensant la masse d'air extraite du compartiment par le ou les reniflards au fil du temps.

- Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les trappes étanches démontables qui sont immergées (par exemple des trappes d'accès à l'intérieur d'un "flotteur immergé") ou qui sont fortement exposées au choc d'eau sous pression (par exemple des
- 30 trappes d'accès à des compartiments étanches de "flotteurs auxiliaires") ont leur étanchéité surveillée par un dispositif de gouttière, entonnoir, capillaire, détecteur, pompe à vide et soupapes éventuelles, analogue à celui décrit au paragraphe précédent pour la surveillance d'étanchéité des traversées de paroi d'arbres tournants. Le débit de fuite éventuelle risquant d'être plus important, une pompe d'épuisement de débit convenable, avec crépine d'aspiration placée au point le plus bas
 - 35 du compartiment est en outre prévue le cas échéant.

3.8.12 - Caractéristiques concernant le contrôleur d'assiette et de trajectoire

- Sauf mention contraire dans la suite du texte, tous les capteurs et actionneurs cités dans ce chapitre 3.8.12 sont de type courant ; lorsque des exigences particulières existent pour le choix de modèle, celles-ci sont mentionnées dans ce chapitre ou dans les chapitres 6 (p.51) à 8 (p.96) décrivant des
- 40 exemples de réalisation (principalement aux chapitres 6.6.1 (p.69), 6.6.2 (p.71) et 6.6.3 (p.72)).

Sauf mention contraire dans la suite du texte, toutes les liaisons citées dans ce chapitre 3.8.12, d'une part entre capteurs et calculateur électronique ou microcontrôleurs et d'autre part entre calculateur ou microcontrôleurs et actionneurs, sauf mention contraire, doivent être réalisées de préférence plutôt par câbles que par radio et si elles sont réalisées par câbles, de préférence plutôt par câbles blindés à paires torsadées blindées individuellement que par câbles simplement blindés, et de préférence par fibre optique pour les liaisons longues de bâtiments de grande taille qui ne seraient pas enfermées dans une structure entièrement métallique formant cage de Faraday.

3.8.12.a - Capteurs

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, et selon différentes variantes, les accéléromètres pour le contrôle d'assiette et de trajectoire, qui sont d'un type courant de bonne sensibilité (il est recommandé qu'elle soit de l'ordre de 1 à 2 mg ou meilleure) et impérativement à bande passante depuis les très basses fréquences (il est recommandé que la bande passante s'étende jusqu'au continu) sont fixés près de l'extrémité périphérique des "bras rayonnants", de préférence directement sur la structure de ces bras ou à défaut sur celle des "flotteurs auxiliaires" attenants (la fixation sur la tête des "mâts porte-ailerons orientables" est aussi possible, mais déconseillée à cause du risque de vibrations pouvant perturber les mesures).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les accéléromètres sont des circuits intégrés "ADXL202", "ADXL202E" ou "ADXL203" © produits par la société "Analog Devices" © (chacun de ces circuits - de caractéristiques voisines mais de performances croissantes dans l'ordre énoncé - comporte deux accéléromètres disposés à 90°), ou un composant équivalent à compatibilité fonctionnelle ascendante des performances en sensibilité, bruit de fond aux fréquences basses et bande passante depuis le continu.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, et selon deux variantes, la hauteur de certains points du bâtiment par rapport au niveau de la surface de l'eau extérieure est mesurée par des manomètres de mesure de la pression statique fixés à la structure du bâtiment dans des zones toujours immergées ou bien par des sonars aériens à faisceau d'ultrasons ou d'ondes hypersonores d'axe vertical et à mesure du temps de retour d'écho par réflexion sur la surface de l'eau, fixés à la structure du bâtiment dans des zones toujours émergées. Ces manomètres ou sonars sont d'un type courant et d'une plage de mesure appropriée aux dénivellations à mesurer ; des performances moyennes en précision, sensibilité et temps de réponse suffisent ; en revanche, une grande fidélité à court terme est indispensable (si la dérive de mesure est de quelques % par jour, une correction par étalonnage du logiciel avant l'appareillage permet de compenser le défaut ; en revanche, un capteur ayant une dérive de quelques % par heure doit être écarté).

La prise de pression statique doit être réalisée selon les règles de l'art en "dynamique des fluides" pour minimiser la pollution de la mesure par la pression dynamique (qui varie comme le carré de la vitesse) ; le cas échéant, une fonction logicielle de correction de la mesure de pression en fonction de la vitesse mesurée par un loch-speedomètre est prévue pour compenser l'erreur (cette fonction s'appuie alors sur une table de correction résultant d'une campagne d'étalonnage).

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, des capteurs de pression statique sont fixés en partie basse des "carénages pivotants" des "mâts porte-ailerons

orientables".

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les capteurs de pression statique sont munis d'un dispositif de chasse hydraulique ou pneumatique intermittent destiné à éliminer d'éventuelles impuretés salissant les orifices et dont l'accumulation pourrait
5 fausser les mesures.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, une paire de "girouettes hydrauliques" mesure les composantes de la direction du courant en amont et dans l'axe de certains "flotteurs immergés" ; les axes de rotation de ces girouettes sont perpendiculaires à l'axe OX et perpendiculaires entre eux ; chaque pivot de girouette est situé très près du bord d'attaque de
10 la girouette, de manière que celle-ci s'oriente franchement et rapidement selon la direction du courant local et ce bord d'attaque est légèrement en flèche pour favoriser le glissement latéral d'algues éventuellement rencontrées et maintenir ainsi les girouettes bien dégagées en permanence. Chaque "girouette hydraulique" comporte un capteur de position angulaire d'un type courant mais fiable (par exemple à codage absolu), protégé de l'eau extérieure selon le dispositif décrit à
15 l'avant-avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.12.b (p.36), qui est relié au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire". Selon deux variantes, chaque paire de girouettes est soit portée par une robuste perche horizontale solidaire du nez du flotteur et coaxiale avec lui, soit portée par un mât plongeant verticalement dans l'eau et fixé par son sommet à l'avant d'une poutre solidaire de la structure du bâtiment et toujours émergée, le cas échéant à la partie
20 avant de la "plate-forme habitable".

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le "mât porte-girouettes hydrauliques" comporte un "carénage pivotant" comme décrit au chapitre 3.8.3 (p.20) et comporte le cas échéant à son sommet une liaison à limitation d'effort dont le support est solidaire de la structure du bâtiment, comme décrit au chapitre 3.8.7 (p.26).

25 Dans des modes de réalisation particuliers et non limitatifs du dispositif selon l'invention, d'autres capteurs sont en outre reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" :

- notamment les capteurs de niveau d'eau dans les réservoirs du "dispositif de tare réglable", les capteurs de remplissage des réservoirs ou de position des contrepoids du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles", les capteurs de mesure de position de certains organes mobiles
30 (tambours des dispositifs de régulation d'efforts éoliens, volets de bord de fuite des "ailerons orientables", "ailerons orientables" verticaux eux-mêmes, organes mobiles des électrovannes,...), le loch-speedomètre, la girouette anémométrique, le compas magnétique,
- mais aussi le cas échéant un éventuel sondeur de profondeur d'eau (nécessairement présent dans le cas où la fonction logicielle d'arrêt d'urgence décrite au chapitre 3.8.4.c (p.24) est
35 présente), un éventuel dispositif de localisation par rapport à des émetteurs radio de positions connues, fixes ou mobiles, etc, cette liste n'étant pas limitative.

3.8.12.b - Equipements électroniques et leur protection

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, l'équipement de calcul et de commande du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" comporte un ou plusieurs

calculateurs digitaux qui peuvent être des ordinateurs, et le cas échéant des microcontrôleurs dont certains placés à proximité immédiate de capteurs ou d'actionneurs, dans certains cas en dessous du niveau de l'eau extérieure.

5 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le ou les ordinateurs sont des modèles courants du commerce de type "PC" ou analogue, utilisant par exemple un microprocesseur "Pentium IV" © (composant électronique produit par la société "Intel" ©) cadencé par une horloge de fréquence d'au moins 2 GHz ou utilisant un microprocesseur offrant une puissance de calcul numérique comparable avec les nombres en représentation flottante et disposant des fonctions mathématiques usuelles, dont les fonctions trigonométriques.

10 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les microcontrôleurs sont des circuits intégrés "PIC 16C 774 JW" © de la société "Microchip" ©, ou des microcontrôleurs équivalents à compatibilité fonctionnelle ascendante (ces circuits comportent notamment deux ports de communication série).

15 Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, le "contrôleur d'assiette et de trajectoire" comporte un modem et un émetteur-récepteur radio pour liaison à un ordinateur à terre (par exemple via le réseau Internet) permettant de télécharger des mises à jour du logiciel des ordinateurs ou des microcontrôleurs du bord et/ou pour envoyer des télémesures relatives au fonctionnement pour diagnostic à distance et recevoir en retour le téléchargement de paramètres de réglages d'optimisation ou des consignes à l'équipage pour la
20 maintenance.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, des fibres optiques sont utilisées pour certaines transmissions de signaux entre équipements électroniques de calcul, de mesure ou de commande, notamment entre le (ou les) ordinateur(s) et les microcontrôleurs éloignés.

25 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, certains équipements électroniques sont enfermés dans un réseau de compartiments étanches reliés par des canalisations pour le passage des guides de signaux et pour la recirculation de l'air interne, formant une enceinte étanche à l'eau ; en navigation, l'air interne de ce réseau est maintenu par un pressostat relié à l'air libre à une pression supérieure à la plus forte pression extérieure pouvant être subie par
30 un point du réseau et cet air est maintenu dans des fourchettes déterminées de température et d'hygrométrie par des dispositifs courants de refroidissement (par exemple ventilateur de recirculation forcée de l'air dans tous les compartiments, thermomètre à contacts mini-maxi et échangeur thermique à circulation d'eau extérieure) et de déshumidification (par exemple sonde d'humidité et colonne d'assèchement à produit dessicant avec by-pass commandé par un
35 distributeur à commande électrique) ; au port, la pression suffisante à l'arrêt est maintenue à long terme par un détendeur relié à un réservoir d'air comprimé rechargeable ; le calculateur principal se trouve dans une second réseau analogue, sans communication d'air avec le premier, dont l'extension est limitée à la partie toujours émergée de la "plate-forme habitable" et qui possède son propre système de contrôle de température et d'humidité ; ce second réseau est par contre à pression
40 atmosphérique, ou à peine supérieure, de telle sorte que des parois transparentes, et en outre souple

au niveau du clavier, permettent l'utilisation normale de l'écran et du clavier par l'équipage pour dialoguer avec le logiciel ; les compartiments et canalisations des deux réseaux sont électriquement blindés, avec continuité électrique, le blindage étant sans boucle et électriquement relié à une électrode conductrice immergée en contact permanent avec l'eau extérieure pour l'écoulement éventuel de la foudre. Un mode de réalisation pour assurer l'étanchéité des arbres tournants traversant une paroi immergée ou exposée à l'eau du premier réseau est décrit au chapitre 3.8.11 (p.33)).

Dans une variante du mode de réalisation précédent, un autre gaz que l'air peut être utilisé (non inflammable, par exemple du CO₂), amené à bord dans des bouteilles de gaz comprimé, et être utilisé à l'aide d'un détendeur en permanence, aussi bien en navigation qu'au port.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, toutes les liaisons mécaniques amovibles de sécurité, prévues pour s'arracher, se replier ou se déboîter en cas de heurt d'obstacle sous-marin, et le long desquelles cheminent des câbles électriques et/ou des fibres optiques ou des canalisations à atmosphère contrôlée contenant de tels câbles et/ou fibres, sont munies de connecteurs étanches et débouchables sous traction modérée pour l'ensemble canalisation éventuelle, câbles et/ou fibres ; ces connecteurs sont situés dans des zones prévues pour rester habituellement émergées ; lorsqu'il s'agit du passage d'une canalisation à atmosphère contrôlée contenant des câbles et une plus petite canalisation interne pour l'un des deux flux gazeux (aller ou retour), la concentricité est interrompue au voisinage immédiat du connecteur : les câbles et/ou fibres ainsi que la petite canalisation franchissent la paroi de la grosse canalisation périphérique par des passages étanches, de manière à ne plus cheminer localement à l'intérieur de cette canalisation mais de manière à localement la longer par l'extérieur ; le connecteur est en fait triple, assurant la connexion pour la grosse canalisation, la connexion pour la petite canalisation et la connexion des câbles et/ou des fibres ; les deux canalisations à atmosphère contrôlée comportent chacune, du côté "plate-forme habitable", une soupape de sûreté étanche à l'air à ressort taré qui se ferme automatiquement en cas de déconnexion pour éviter la dépressurisation de la partie principale du réseau, et du côté opposé une soupape de sûreté étanche à l'eau à ressort, habituellement maintenue ouverte par un doigt solidaire de la partie fixe du connecteur, qui se ferme automatiquement en cas de déconnexion pour protéger les équipements périphériques si la partie amovible tombait à l'eau, en attente de sa récupération et de sa remontée au sec.

3.8.12.c - Logiciel

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" fonctionne ainsi :

- Pendant la navigation en "régime vitesse rapide", le logiciel :
 - calcule les positions des accéléromètres dans l'espace par deux intégrations successives par rapport au temps (la première donne la vitesse, la seconde donne la position),
 - calcule la hauteur de chaque capteur de pression statique par rapport au plan moyen de l'eau par un calcul de moyenne glissante sur une série de mesures consécutives,
 - calcule les hauteurs des accéléromètres recalées par rapport à ce plan moyen grâce à la

connaissance de la géométrie d'implantation des capteurs, en déduit la hauteur du centre de gravité du bâtiment et les composantes angulaires d'inclinaison du plan XOY (lié au bâtiment) par rapport à ce plan moyen, respectivement dans un plan normal à l'axe OY (inclinaison cabrée ou piquée) et dans un plan normal à l'axe OX (gîte vers bâbord ou vers tribord),

- 5
 - calcule le cap effectif du bâtiment par moyenne glissante sur les dernières mesures issues du compas magnétique,
 - en déduit les trois composantes de force et les trois composantes de couple requises pour rétablir la hauteur et l'assiette nominales du bâtiment,
- 10
 - effectue le cas échéant un calcul de compensation de dérive due au vent (ce calcul est facultatif),
 - effectue le cas échéant un calcul anticipé d'efforts transversaux parasites et de couples hydrodynamiques induits sur le ou les "flotteurs immergés" (ce calcul est facultatif, mais il est très fortement recommandé pour renforcer l'efficacité de la stabilisation ; il nécessite la
- 15
 - présence de "girouettes hydrauliques", comme décrites au chapitre 3.8.12.a (p.35)),
 - en fonction de ces calculs optionnels, corrige le cas échéant les six composantes calculées précédemment,
 - répartit les contributions de forces stabilisatrices requises entre chaque masse mobile pesante et chaque "aileron orientable" à force de portance hydrodynamique en fonction de
- 20
 - leurs caractéristiques de force maximale et de temps de réponse,
 - envoie finalement les ordres de positionnement à chaque actionneur, le cas échéant après ultime correction prenant en compte certaines imperfections connues de ce dernier (notamment : temps de réponse non nul et/ou linéarité imparfaite).
 - surveille que la hauteur moyenne calculée de l'eau extérieure reste comprise entre deux
- 25
 - bornes rapprochées encadrant la mi-hauteur de la distance verticale entre le point le plus haut du dispositif porteur et le point le plus bas de la "plate-forme habitable", sinon active une alarme pour avertir l'équipage ou commande directement la pompe et l'électrovanne concernant le "dispositif de tare réglable" pour retoucher la masse d'eau de tarage.
 - le cas échéant (option facultative) surveille l'évolution des mesures des capteurs essentiels
- 30
 - pour l'équilibre et la stabilité, notamment ceux relatifs aux positions d'appendices mobiles immergés, en comparant l'évolution des mesures dans les derniers dixièmes de seconde avec les évolutions qui étaient prévisibles à partir des statistiques historiques des dernières
- 35
 - minutes écoulées, ceci afin de déceler tout comportement anormal, d'identifier instantanément le cas d'anomalie parmi ceux prévus dans le logiciel et d'engager aussitôt les opérations programmées pour ce cas, par exemple déclencher un signal d'alarme sonore pour avertir l'équipage et si besoin entamer l'amerrissage et le cas échéant réduire ou stopper la propulsion.

- Le cas échéant (options facultatives) effectue le cas échéant d'autres opérations supplémentaires, comme (liste non imitative) le contrôle de profondeur d'eau avec déclenchement d'alarme sonore en cas de danger et le largage automatique des écoutes si le bâtiment est pourvu de ce dispositif, le contrôle de la route suivie par un dispositif de navigation par satellites

- Lorsque le bâtiment est en "régime vitesse lente ou arrêt" et en route (c'est à dire pas à l'arrêt complet), le logiciel n'envoie plus d'ordres aux actionneurs des "ailerons orientables" ni à ceux du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" ; son activité se limite alors à veiller les mesures d'un nombre réduit de capteurs (loch-speedomètre, girouette anémométrique, compas magnétique et sonar de profondeur de fond éventuel), à commander les actionneurs de réglage fin des écoutes éventuellement présents en cas de propulsion éolienne et à émettre un signal d'alerte de l'équipage en cas d'anomalie (remontée excessive des fonds par exemple).
- En cas d'arrêt complet du bâtiment, le calculateur est arrêté et le logiciel n'est pas exécuté.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, certains calculs concernant les mesures d'un capteur isolé ou d'un groupe de capteurs voisins et/ou concernant les ordres pour un actionneur isolé ou pour un groupe d'actionneurs voisins, au lieu d'être exécutés par le calculateur central, sont exécutés par le logiciel d'un microcontrôleur auquel ces capteurs et/ou actionneurs sont reliés (exemples non limitatifs : calcul de moyenne glissante sur série de mesures consécutives de pression statique ou calcul de correction d'une imperfection d'un asservissement).

3.8.12.d - Alimentation électrique

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, une génératrice électrique tournante entraînée par une "hélice immergée" située à l'arrière d'un "flotteur immergé" est logée dans un compartiment de ce flotteur, muni d'une trappe étanche pour les visites en cale sèche. Cette génératrice alimente en électricité une batterie située par exemple aussi dans un compartiment du flotteur, le cas échéant séparé du premier et muni d'une ventilation forcée par une pompe depuis la "plate-forme habitable" en cas de risque de dégagement d'hydrogène par électrolyse. Les liaisons de câbles ou canalisations à la "plate-forme habitable" sont réalisées par passage à travers un ou plusieurs "carénages pivotants" associés à des "pylônes porteurs" comme décrit au chapitre 3.8.3.d (p.22). L'étanchéité de la traversée de paroi du flotteur par l'arbre de "l'hélice immergée" est assurée et contrôlée comme décrit à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.11 (p.33).

3.8.13 - Caractéristiques concernant l'architecture reconfigurable des bras et flotteurs

3.8.13.a - Bras rayonnants repliables

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "bras rayonnants" sont constitués de deux tronçons de longueurs identiques ou voisines, raccordés par une charnière d'axe horizontal à emboîture verrouillable en position dépliée du bras par des pènes engagés radialement vers l'extérieur ; le tronçon périphérique est relevable par un câble d'extrémité passant sur une poulie de tête de mât et qui est tracté vers le bas par un treuil ; le cas échéant le ou

les mâts sont alors tenus par des bas-haubans ancrés aux tronçons fixes, près des charnières.

5 Dans un autre mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, les "bras rayonnants" sont constitués de deux tronçons de longueurs identiques ou voisines, raccordés par une charnière d'axe vertical à emboîture verrouillable en position dépliée du bras par des pènes engagés radialement vers l'extérieur ; lorsque la charnière est déverrouillée, le tronçon périphérique peut pivoter horizontalement et se replier contre le tronçon fixe sous l'effet d'un dispositif d'entraînement ; le cas échéant le ou les mâts sont alors tenus par des bas-haubans ancrés aux tronçons fixes, près des charnières.

10 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, le dispositif d'entraînement cité au paragraphe précédent est réalisé de la manière suivante : il comporte une poulie à gorge à axe vertical située sur le dessus du tronçon mobile, à proximité de la charnière ; cette poulie est solidaire de ce tronçon et elle est entraînée en rotation par un câble qui est solidaire en son milieu d'un point d'ancrage au fond de sa gorge ; le câble fait un tour et demi sur la poulie et forme une boucle dont l'un ou l'autre brin est tiré au winch par l'équipage depuis la "plate-forme habitable" pour faire pivoter le tronçon mobile afin de replier ou déplier le "bras rayonnant".

15 3.8.13.b - Verrouillage des bras rayonnants repliables en position dépliée

Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, la liaison en position dépliée des deux tronçons d'un "bras rayonnant" repliable, lorsque les extrémités de ces tronçons qui sont voisines de la charnière forment une courte emboîture mâle / femelle, est le

20 suivant :

- les deux pièces mâles et femelle emboîtées sont solidarisées par une série de pènes à mouvement radial, régulièrement répartis sur un périmètre plan normal à l'axe du bras (ces pènes sont disposés de façon analogue à des pétales de marguerite) ;
- 25 • ces pènes, à engagement radial vers l'extérieur, ont une forme approximative de parallélépipède peu long dans la direction radiale de pénétration, mais large dans le sens du périmètre pour assurer une bonne répartition d'efforts ; leur partie centrale et guidante est de forme parallélépipédique et leur partie périphérique et sortante est dotée d'une faible dépouille sur les quatre faces, de manière à venir se bloquer efficacement dans les logements radiaux de forme homologue ajustée de la pièce femelle ;
- 30 • chaque pêne est guidé en translation radiale par coulissement dans un logement, ménagé dans la pièce mâle, de section rectangulaire et ajustée à la section de la partie guidante du pêne ;
- chaque pêne, de plan général rectangulaire (en vue parallèlement à l'axe du bras), comporte à chacun de ses deux coins les plus internes par rapport au "bras rayonnant" une paire de bielles articulées formant genouillère dont l'autre extrémité est articulée sur la pièce mâle ;
- 35 les deux genouillères sont identiques et les articulations des genoux sont solidarisées par une barre d'accouplement, en sorte que le pêne est fermement guidé par ses extrémités pour éviter une tendance à la mise en travers et le risque d'arc-boutement ;
- deux câbles antagonistes sont ancrés à la barre d'accouplement pour lui imposer un

déplacement parallèle à l'axe du bras tendant tantôt à replier les deux genouillères, tantôt à les déployer ; le câble de fermeture du verrou par dépliement des genouillères et engagement du pêne dans le logement de la pièce femelle part directement en direction du poste de traction situé dans le "plate-forme habitable" ; le câble d'ouverture du verrou par repliement des genouillères et rétractation du pêne hors du logement de la pièce femelle part aussi en direction du poste de traction, mais après passage sur une poulie de renvoi à 180° ;

- chaque pêne est associé à une goupille de sécurité coulissante, à course parallèle à l'axe du "bras rayonnant" ; cette goupille, poussée par un ressort, coulisse dans un logement cylindrique de la pièce mâle et s'engage dans l'un des deux logements appariés du pêne, cylindriques et à entrées coniques, lorsque ce pêne est tantôt en position engagée et tantôt en position déagée et elle l'immobilise dans l'une des deux positions correspondantes ;
- la goupille de sécurité se prolonge par une tige de commande à l'extrémité de laquelle sont fixés deux câbles antagonistes, celui de retrait de la goupille par neutralisation de l'effet du ressort partant directement vers le poste de traction, celui de témoin d'engagement aussi, mais après passage sur une poulie de renvoi à 180° ;
- tous les câbles témoins d'engagement des goupilles de sécurité sont réunis en un seul câble muni d'une marque de repérage permettant de contrôler l'engagement et le verrouillage de tous les pènes ;
- tous les câbles de commande et câbles témoins cheminent dans une lumière axiale du "bras rayonnant" menant à proximité du poste de traction logé dans la "plate-forme habitable".

3.8.13.c - Position fixe, ou bien variable, des flotteurs auxiliaires

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, chaque "flotteur auxiliaire" est fixé à demeure sous le tronçon fixe d'un "bras rayonnant" repliable, à proximité immédiate de la charnière raccordant les deux tronçons du bras et les accéléromètres (6) sont alors fixés à l'extrémité périphérique du tronçon mobile du bras.

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, différent de celui décrit au paragraphe précédent, chaque "flotteur auxiliaire" est rigidement solidaire d'un chariot coulissant suspendu à un rail longitudinal solidaire du dessous du "bras rayonnant" repliable ; ce rail comporte deux segments se raccordant en prolongement l'un de l'autre au niveau de la charnière inter-tronçons lorsque le bras est déplié ; le chariot est entraîné par un câble et il se verrouille à l'une de ses deux positions nominales sous l'une des deux platines solidaires du dessous du bras ; ce verrouillage est effectué par exemple (non limitatif) d'une part au moyen de verrous anti-glissement à pènes coulissants verticaux supportés par les platines fixes, qui descendent et s'engagent dans des logements à la face supérieure du chariot, et d'autre part au moyen d'ablocages par griffes à levier articulées aux angles de la semelle supérieure du chariot, qui plaquent fortement cette dernière contre la face inférieure de la platine fixe en vis-à-vis ; l'une des platines fixes est située en extrémité périphérique du tronçon repliable du "bras rayonnant", l'autre en extrémité périphérique du tronçon fixe de ce bras ; les mouvements du chariot, des verrous anti-glissement et des leviers d'ablocage sont commandés depuis la "plate-forme forme habitable", par exemple (non

limitatif) au moyen de câbles montés en va-et-vient sur des poulies dont les chapes sont solidaires du "bras rayonnant". Ce dispositif permet d'adapter la position des "flotteurs auxiliaires" à la longueur réduite des "bras rayonnants" lorsque ceux-ci sont repliés pour réduire l'encombrement.

3.8.13.d - Flotteur immergé relevable

- 5 Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, chaque "pylône porteur" est rétractable dans un puits vertical ménagé dans la "plate-forme habitable", puits dont la base est entourée par une robuste platine solidaire de la structure de cette plate-forme et qui comporte une ouverture en forme et ajustée, juste suffisante pour le passage du "carénage pivotant" lorsque le plan de symétrie de ce dernier est orienté parallèlement au plan XOZ ; le "pylône porteur" comporte une robuste ferrure coulissant dans le puits ; cette ferrure est solidarisée à la tête
- 10 du pylône par soudure avec renforts par raidisseurs radiaux soudés et elle est guidée lors de ses déplacements entre positions verrouillées par une barre verticale solidaire la surplombant ; cette barre est elle-même guidée par exemple (non limitatif) au moyen de deux étages de galets l'entourant, à axes horizontaux solidaires de la "plate-forme habitable" ; la ferrure coulissante
- 15 solidaire du "pylône porteur" et la platine fixe solidaire de la "plate-forme habitable" sont solidariables par exemple (non limitatif) au moyen de pênes horizontaux engagés radialement, de la périphérie vers le centre, dans des logements en vis-à-vis.

- Le "flotteur immergé" comporte des compartiments ennoyables par motopompes bidirectionnelles et vannes d'arrêt, de manière à pouvoir à volonté rendre sa flottabilité presque nulle et tantôt
- 20 légèrement positive, tantôt légèrement négative ; un moyen de manœuvre vertical est prévu, par exemple (non limitatif) des palans à traction verticale sont ancrés d'une part aux extrémités de la barre de guidage et d'autre part et à la structure de la "plate-forme habitable" pour hisser le (ou les) "flotteurs immergés" contre la "plate-forme habitable" à l'arrêt et inversement pour le(s) descendre en position basse pour la navigation normale.

- 25 En cas de pluralité de "pylônes porteurs" pour un même "flotteur immergé", un dispositif de couplage est prévu pour garantir une manœuvre synchronisée des mouvements verticaux des "pylônes porteurs" relatifs à ce flotteur, par exemple (non limitatif) au moyen d'un arbre parallèle à l'axe OX et solidaire de pignons engrenant sur des crémaillères verticales solidaires des barres de guidage surmontant les ferrures coulissantes ; un dispositif de verrouillage en position haute du
- 30 "flotteur immergé" est prévu, selon deux variantes (non limitatives) par blocage des palans de hissage ou par engagement dans les logements de la platine coulissante des pênes radiaux portés par une seconde platine fixe solidaire de la "plate-forme habitable" en haut du puits, analogue à celle du bas. Ce dispositif permet de relever le ou les "flotteurs immergés" pour réduire le tirant d'eau et faciliter l'accès du bâtiment aux ports.

- 35 Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, les liaisons immergées de façon durable dont les logements femelle sont inoccupés par un pêne correspondant ont leur orifice temporairement obturé par un cache appliqué par des ressorts ; un dispositif d'éclipsage des caches avant l'engagement des pênes est prévu et ces logements sont munis d'un circuit de chasse d'eau hyperbare pour éjecter d'éventuels corps étrangers indésirables avant chaque
- 40 nouvel engagement de pêne.

Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, une voûte longitudinale sous la partie basse de la coque de la "plate-forme habitable" permet un encastrement partiel du "flotteur immergé" remonté, ce qui contribue à réduire encore le tirant d'eau au port.

5 Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, des réglages intermédiaires de hauteur du ou des "flotteurs immergés" sont prévus, par exemple (non limitatif) au moyen de ferrures fixes intermédiaires solidaires de la "plate-forme habitable" le long de chaque puits dans lequel coulisse une ferrure de tête de "pylône porteur". Ce dispositif permet d'adapter la hauteur de la partie sortie des "pylônes porteurs" aux conditions de vagues attendues et de réduire ainsi la sollicitation des dispositifs de stabilisation dynamique en cas de vagues de faible hauteur.

10 3.8.13.e - *Motorisation éventuelle des commandes de changement de configuration*

Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, en cas d'architecture reconfigurable concernant la position des "flotteurs auxiliaires" et/ou des "bras rayonnants" et/ou des "flotteurs immergés", les dispositifs de déplacement direct de ces éléments, ainsi éventuellement que les dispositifs de manœuvre des pènes ou leviers d'immobilisation des parties mobiles de ces éléments et le cas échéant les verrouillages de sécurité de ces pènes ou leviers sont entraînés par des treuils ou vérins à actionneurs électriques ou hydrauliques.

3.8.14 - Caractéristique concernant le dispositif de contournement à sonars aériens

20 Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, des sonars ultrasonores (ou à hyperfréquence sonore) aériens à faisceau vertical fixés sur des perches à l'avant des "flotteurs auxiliaires" de l'avant mesurent par réflexion leur distance verticale à la surface de l'eau extérieure et sont reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" dont le logiciel est alors muni d'une fonction de contournement partiel des plus hautes vagues occasionnelles, par adaptation passagère des ordres envoyés au dispositif de stabilisation à "ailerons orientables".

25 3.8.15 - Caractéristique concernant la mesure de vibration des mâts plongeants dans l'eau

Dans un mode particulier et non limitatif de réalisation du dispositif selon l'invention, des accéléromètres supplémentaires, reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" sont disposés sur la structure du bâtiment de manière à mesurer les vibrations éventuelles des "mâts porte-ailerons orientables" et éventuellement celles de "mâts porte-girouettes hydrauliques". Ces accéléromètres mesurent par exemple l'accélération dans la direction de l'axe OX en tête et en pied de mât et l'accélération dans la direction de l'axe OY en pied de mât.

L'analyse des mesures de ces accéléromètres et des mesures brutes des autres accéléromètres précédemment décrits est utilisée pour adapter le cas échéant les réglages du logiciel du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" afin d'éviter la naissance de ces vibrations ou les atténuer.

35 4 - PRESENTATION DES FIGURES

4.1- Conventions pour les illustrations

Certaines figures sont simplifiées et ne représentent pas tous les détails du mode de réalisation qui

sont cités par le texte qu'elles illustrent. Lorsque c'est le cas, il est en général mentionné dans ce texte : soit que la figure associée est un schéma, et en général dans ce cas le texte ne mentionne pas quels sont les détails non dessinés, soit que la figure associée est une représentation simplifiée ou schématique, et en général dans ce cas le texte mentionne les détails non dessinés sur cette figure.

- 5 En cas éventuel d'absence simultanée d'un détail sur la figure associée à une partie de texte et de l'une des mentions prévues ci-dessus, le texte est la référence qui fait foi par rapport à la figure.

- Lorsqu'un élément dessiné sur une figure représente tantôt un constituant du dispositif selon l'invention, tantôt un autre, leurs deux repères sont mentionnés à la suite l'un de l'autre sur la même ligne, séparés par une barre oblique. Par exemple, en Figure 37, le repérage "22/23" signifie que l'écoute dessinée est soit l'écoute (22) de la grand'voile, soit l'écoute (23) du foc, selon le mécanisme de retenue d'écoute considéré (la figure reste ainsi valable dans les différents cas).
- 10

- Cette notation à double repères séparés par une barre oblique est aussi utilisée pour désigner deux éléments différents à contour exactement superposés, dont l'un cache l'autre. Par exemple, en Figure 59, les repérages "171/172" et "171/173" désignent le chariot mobile (171) masquant, selon sa position, l'une de ses deux platines d'accueil fixes : respectivement tantôt la (172) située vers le milieu du "bras rayonnant", tantôt la (173) située en extrémité de ce bras.
- 15

Les échelles des illustrations sont données uniquement à titre d'ordre de grandeur, la précision de correspondance d'échelle entre figures étant approximative.

4.2 - Figure 1 : vue d'ensemble en perspective d'un voilier selon l'invention

- 20 La Figure 1 illustre le dispositif selon l'invention, vu en perspective, dans un mode de réalisation particulier et non limitatif comportant un "flotteur immergé" unique, deux "pylônes porteurs", quatre "bras rayonnants" équipés chacun d'un "flotteur auxiliaire" et d'un "mât porte-ailerons orientables" à deux ailerons complémentaires et un appareil propulsif éolien ; cette figure comporte en outre dans le coin supérieur gauche une vue en perspective agrandie ("détail A") d'un "mât porte-ailerons orientables" avec ses deux ailerons munis de volets de bord de fuite ; elle comporte
- 25 enfin dans le coin supérieur droit un schéma ("Mécanisme 9 (schéma)") d'un mode de réalisation du dispositif à retenue élastique d'écoute dans le cas de propulsion éolienne, dans lequel la nappe de ressorts de traction symbolise des éléments à loi de comportement élastique (comme peut l'être un vérin pneumatique relié à un réservoir d'air comprimé).

- 30 Nota : Des vues agrandies de parties de cette figure sont fournies par ailleurs pour une lisibilité accrue et pour quelques détails importants non dessinés sur celle-ci, faute de place : Figure 23 (zone de la "plate-forme habitable"), Figure 24 (zone d'extrémité du "bras rayonnant" tribord avant) et Figure 25 (zone d'un "mât porte-ailerons orientables").

4.3 - Illustrations pour la première caractéristique

- 35 Les Figures 2 à 22 sont des schémas qui illustrent des paramètres ou des lois cités dans la première caractéristique du dispositif selon l'invention (décrite au chapitre 3.3 (p.6)), et cités parfois dans des caractéristiques de modes de réalisation particuliers :

- Les Figures 2 et 3 illustrent la longueur hors-tout du dispositif porteur dans différents cas de mode de réalisation particuliers et non limitatifs du dispositif porteur (un cas mono-"flotteur immergé" et un cas tri-flotteur), citée notamment au paragraphe "deuxièmement" de la première caractéristique.
- 5 • La Figure 4 illustre la règle de hauteur des "bras rayonnants" qui est propre à un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, décrite à l'avant-avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.2 (p.19).
- Les Figures 5 et 6 illustrent respectivement le volume immergé maximum d'un "flotteur auxiliaire" intervenant dans la flottabilité de ce dernier et la règle d'éloignement de ces
10 "flotteurs auxiliaires" intervenant au paragraphe "sixièmement" de la première caractéristique.
- La Figure 7 illustre les règles relatives à la hauteur du point bas des "flotteurs auxiliaires" et à la longueur des "mâts porte-ailerons orientables" fixées respectivement au dernier point du paragraphe "sixièmement" et au premier point du paragraphe "dixièmement" de la première caractéristique,
- 15 • Les Figures 8 à 10 illustrent la surface horizontale projetée intervenant dans la règle d'éloignement des "ailerons orientables" à portance verticale fixée au deuxième point du paragraphe "dixièmement" de la première caractéristique, respectivement dans le cas d'un "aileron orientable" plan à axe de pivotement horizontal, puis dans celui d'un "aileron orientable" plan à axe de pivotement incliné et enfin dans celui d'un "aileron orientable" de
20 forme tubulaire à deux degrés de liberté en rotation.
- La Figure 11 est un schéma illustrant cette règle relative aux ailerons à portance verticale.
- Les Figures 12 à 14 illustrent la surface verticale projetée intervenant dans la règle d'éloignement des "ailerons orientables" à portance horizontale fixée au troisième point du paragraphe "dixièmement" de la première caractéristique, respectivement dans le cas d'un
25 "aileron orientable" plan à axe de pivotement vertical, puis dans celui d'un "aileron orientable" plan à axe de pivotement incliné et enfin dans celui d'un "aileron orientable" de forme tubulaire à deux degrés de liberté en rotation.
- La Figure 15 est un schéma illustrant cette règle relative aux ailerons à portance horizontale.
- Les Figures 16 et 17 illustrent les règles d'éloignement des capteurs d'accélération fixées au
30 paragraphe "onzièmement" de la première caractéristique, respectivement pour les accélérations verticales et pour les accélérations horizontales.
- La Figure 18 illustre la règle d'éloignement des capteurs d'altitude relative fixée au paragraphe "douzièmement" de la première caractéristique,
- Les Figures 19 à 22 illustrent la loi de faible obstruction transversale entre dispositif porteur et
35 "plate-forme habitable" précités, fixée au second point du paragraphe "neuvièmement" de la première caractéristique, en schématisant d'abord les "ailerons orientables" en position médiane (vue de tribord, puis vue de dessus en coupe), puis en position braquée à 90° (vue de tribord,

puis vue de dessus en coupe). *Note importante : les figures 21 et 22 font abstraction des butées qui limiteraient éventuellement le débattement angulaire des "carénages pivotants".*

4.4 - Illustrations pour l'exemple n°1 (voilier "de base" de 10 m) et attitudes-clé

Comme déjà dit, les Figures 23 à 25 montrent des agrandissements de zones de la Figure 1, avec certains détails supplémentaires qui y auraient été peu lisibles : Figure 23 pour la zone de la "plate-forme habitable", Figure 24 pour la zone d'extrémité du "bras rayonnant" tribord avant et Figure 25 pour la zone d'un "mât porte-ailerons orientables" (qui est elle-même un agrandissement du "Détail A" de la Figure 1 et un agrandissement du bas de la Figure 24).

Les Figures 26 à 28 illustrent le dispositif de la Figure 1 selon trois vues, respectivement de l'avant, de tribord et de dessus.

La Figure 29 fournit une vue de dessus agrandie d'une partie de la "plate-forme habitable" du même dispositif qui illustre l'emplacement des points de tire des écoutes où agissent les dispositifs de retenue élastique d'écoute, le rail de retenue circulaire du hale-bas de bôme autorisant un pivotement du mât sur 360°, ainsi que les tambours verticaux écarteurs d'écoutes à l'avant.

La Figure 30 illustre la loi d'évolution de la poussée d'Archimède du même dispositif en fonction de son altitude par rapport à la surface de l'eau extérieure.

Les Figures 31 à 34 montrent le même dispositif en "régime vitesse rapide" dans différentes attitudes limites remarquables (en altitude et en inclinaison) par rapport à la surface de l'eau extérieure : d'abord avec gîte à bâbord, puis avec inclinaison vers l'avant.

Les Figures 35 et 36 montrent un mode de réalisation de "carénage pivotant" muni d'une lumière verticale traversante pour le passage d'organes (câbles, canalisations ou arbres de transmission).

La Figure 37 montre un mode de réalisation de la poupée à enroulements antagonistes à profils de cames du dispositif de régulation de tension d'écoute à loi de comportement élastique de l'appareil propulsif éolien.

Les Figures 38 et 39 montrent un mode de réalisation du dispositif de régulation d'effort éolien à loi de comportement élastique au moyen d'un vérin pneumatique ainsi que le schéma d'ensemble du circuit d'air comprimé associé.

Les Figures 40 et 41 montrent schématiquement deux modes de placement du volet d'un "aileron orientable" par rapport au bord de fuite, respectivement avec jeu minime et avec jeu important.

Les Figures 42 et 43 montrent schématiquement : d'abord un volet éloigné avec fixation de son pivot par deux plaques latérales selon deux vues perpendiculaires, dont l'une en coupe, puis un volet dont le bord d'attaque est encastré dans une gouttière longitudinale ménagée au bord de fuite de "l'aileron orientable", vu en coupe.

La Figure 44 montre schématiquement un "aileron orientable" à plan de forme avec bord d'attaque légèrement en flèche, muni d'un volet de bord de fuite avec jeu important.

La Figure 45 est un agrandissement de la partie inférieure de la Figure 25 sur lequel est représenté,

de façon schématique, un mode de réalisation particulier et non limitatif de la chaîne cinématique de commande d'orientation des volets de bord de fuite des "ailerons orientables" à partir de deux arbres de transmission verticaux à mouvement rotatif oscillant entraînés par des actionneurs situés au-dessus de la surface de l'eau extérieure.

- 5 Les Figures 46 à 51 illustrent de façon très schématique la position des principaux organes mobiles du dispositif de la figure précédente dans trois situations remarquables (volet braqué dans un sens, puis au neutre et enfin braqué dans l'autre sens), les trois premières pour "l'aileron orientable" à axe de rotation vertical, les trois dernières pour "l'aileron orientable" à axe de rotation horizontal.

- 10 Les Figures 52 et 53 illustrent le mode de réalisation préconisé pour les articulations à rotule roulante des bielles exclusivement poussantes avec les guidons du mécanisme de commande de l'angle dièdre entre "ailerons orientables" et leur volet de bord de fuite.

Les Figures 54 et 55 illustrent la liaison mécanique à effort maximum taré entre "mât porte-ailerons orientables" et "bras rayonnant" décrite pour le voilier "de base" (cette liaison ne se remet en place d'elle-même qu'à condition que le déplacement du mât sous le choc d'un obstacle reste très faible).

15 4.5 - Illustrations pour l'exemple n°2 : voilier "de grande croisière" de 10m

Les Figures 56 et 57 illustrent la liaison magnétique à effort maximum taré entre "mât porte-ailerons orientables" et "bras rayonnant" décrite pour le voilier "de grande croisière" (liaison prévue pour se remettre en place automatiquement, même après déplacement important du mât).

- 20 La Figure 58 illustre le mode de réalisation d'un "bras rayonnant" repliable autour d'une charnière d'axe horizontal située vers la mi-longueur du bras et montre les deux positions possibles du "flotteur auxiliaire" le long de ce bras (sans représenter le mode de liaison de ce flotteur, qui est illustré et détaillé en Figures 59 à 63).

- 25 La Figure 59 illustre, en vue de dessous le mode de réalisation du chariot couissant portant ce "flotteur auxiliaire" mobile et des éléments du dispositif de blocage du chariot aux positions prévues le long du "bras rayonnant" (cas du bras tribord avant) ; la partie fixe est en trait fort et la partie mobile en trait fin. La Figure 60 montre la section du bras (vue selon l'axe de ce dernier), la platine fixe d'accueil du chariot et les leviers de blocage, les Figures 61 et 62 illustrent le chariot couissant respectivement en vue de dessus et en bout et la Figure 63 montre le détail d'une aile du coulisseau. Les grossissements mentionnés sur les Figures 60 à 63 sont par référence à l'échelle en
- 30 Figure 59.

- La Figure 64 illustre, en vue de l'avant, le mode de réalisation avec "flotteur immergé" pouvant être remonté et encastré sous la voûte d'un tunnel ménagé sous la "plate-forme habitable" destiné à réduire le tirant d'eau sur des hauts-fonds ou au port et d'autre part les "bras rayonnants" et "flotteurs auxiliaires" en position "au port" (dessinée en trait fort), ainsi que leur position "en route" (dessinée en trait fin).
- 35

La Figure 65 illustre schématiquement les deux positions du "flotteur auxiliaire" (relevée pour le port en trait fort et descendue pour la navigation en trait fin) ainsi que le contour intérieur des cheminées permettant, en position relevée de ce flotteur, d'éclipser les "pylônes porteurs" et leurs

"carénages pivotants" dans la "plate-forme habitable" ainsi que la remontée des barres de guidage supérieures dans leurs fourreaux.

- Le mécanisme de relevage du "flotteur immergé" est en outre illustré par la Figure 66 qui en donne une vue d'ensemble simplifiée (raidisseurs non dessinés) et la Figure 67 qui montre en trois vues le coulisseau profilé à pènes horizontaux de solidarisation du "pylône porteur" à la "plate-forme habitable" (en position tantôt descendue et tantôt relevée) ; sur la vue de dessus, les pènes sont dessinés selon leur orientation réelle, mais en position exagérément éloignée pour faciliter la lecture et le chanfrein supérieur de la ferrure coulissante n'est pas dessiné ; sur la vue depuis l'avant et sur la vue de dessus, les raidisseurs n'ont pas été dessinés pour lisibilité, mais leur position est indiquée en trait fort sur le schéma agrandi de la zone centrale illustrée en Figure 68, ainsi que le contour du haut du "carénage pivotant" et celui du haut du "pylône porteur" (tout le reste est en trait fin). Le grossissement mentionné sur la Figure 68 est par référence à l'échelle de la Figure 67.

5 - EXPLICATIONS POUR LA 1^{ère} CARACTERISTIQUE

- L'exposé rigoureux et austère de la première caractéristique sera mieux compris à l'aide des explications ci-dessous et des schémas des Figures 2 à 22. Certains de ces schémas comportent des représentations de l'architecture (ou de parties de l'architecture) de modes de réalisation du dispositif selon l'invention dont il faut garder à l'esprit qu'elles sont particulières et non limitatives.

- Les Figures 2 et 3 illustrent, en vue de dessus, la façon de mesurer la longueur hors-tout (LHT) de dispositifs porteurs à "flotteur immergé" unique (ou multiple mais situés au même X) d'une part, et à "flotteurs immergés" décalés en X d'autre part (la longueur hors-tout est citée aux paragraphes "DEUXIEMEMENT", "SIXIEMEMENT", "DIXIEMEMENT" et "TREIZIEMEMENT" de la première caractéristique). Seuls sont dessinés sur ces schémas en vue de dessus le contour de la "plate-forme habitable" (2) et celui du ou des "flotteurs immergés" (1) ; les "bras rayonnants" et les "flotteurs auxiliaires" ne sont notamment pas représentés.

- La Figure 4 illustre une application de la règle du seuil plancher d'altitude de la zone périphérique des "bras rayonnants", en vue de l'avant (ce seuil de distance est cité à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.2 (p.19)). Sur ce schéma :

- "a" est l'altitude du point le plus haut de la "plate-forme habitable" (2),
- "c" est l'altitude du point le plus bas de la "plate-forme habitable" (2).
- "b" est l'altitude moyenne de "a" et "c", c'est à dire : $0,5 \times (a - c)$.
- "d" est l'altitude du point le plus haut du "flotteur auxiliaire" (1).
- "e" est l'altitude du point d'intersection entre la verticale passant par le bord le plus à droite de l'arête du "flotteur auxiliaire" tribord (3) et le dessous du "bras rayonnant" (24).

- La Figure 5 illustre, en vue de l'avant, la notion de volume immergé maximum (V) d'un "flotteur auxiliaire" (3), ici situé à tribord (ce volume est implicitement invoqué par la flottabilité citée au premier point du paragraphe "SIXIEMEMENT" de la première caractéristique). Ce volume s'étend verticalement de l'altitude du point le plus bas de la forme extérieure générale du "flotteur

auxiliaire" (3) à l'altitude du point le plus haut de celle-ci, abstraction faite des appendices se raccordant à cette forme extérieure générale ("bras rayonnants" (24) en partie supérieure et éventuel "mât porte-ailerons orientables" (26) et son "carénage pivotant" (45) en partie inférieure).

La Figure 6 illustre, en vue de dessus, une application de la règle d'architecture du seuil plancher d'éloignement (distances d_i) moyen des "flotteurs auxiliaires" (3), pondéré par leur volume d'immersion maximum (V_i), par rapport au centre de gravité (G) du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des "bras rayonnants" (24) (ce seuil d'éloignement est cité au second point du paragraphe "SIXIEMEMENT"). Seuls les "flotteurs auxiliaires" sont dessinés en trait fort, le reste de la structure du bâtiment ("plate-forme habitable" (2), "bras rayonnants" (24) et "flotteur immergé" (1)) étant schématiquement représentée en trait fin.

La Figure 7 illustre, en vue de l'avant, une application de la règle d'architecture sur les altitudes des points bas (e) des "flotteurs auxiliaires" (3) et des points bas (f) des "mâts porte-ailerons orientables" (26) par rapport aux altitudes de mi-hauteur (b) de la "plate-forme habitable" (2) et du point le plus haut (d) du dispositif porteur (cet intervalle de hauteur est cité au troisième point du paragraphe "SIXIEMEMENT"). La partie de structure du bâtiment représentée est identique à celle de la Figure 4, et les altitudes "b" et "c" sont les mêmes que celles définies sur celle-ci.

Les Figures 8, 9 et 10 illustrent la notion de surface projetée horizontale (SH) d'un "aileron orientable" (utilisée par la règle d'architecture illustrée à la figure 11 suivante), respectivement dans le cas d'un aileron plan à axe de rotation horizontal, d'un aileron plan à axe de rotation incliné par rapport à l'horizontale et d'un aileron tubulaire (cette notion est citée au second point du paragraphe "DIXIEMEMENT"). "S" est la surface du plan porteur sur les Figures 8 et 9. Sur la figure 9, " α " est l'angle de l'axe de rotation de l'aileron par rapport à l'horizontale. Sur la figure 10, "D" est le diamètre et "L" la longueur du cylindre représentant la surface portante de l'aileron tubulaire.

La Figure 11 illustre, en vue de dessus, une application de la règle d'architecture du seuil plancher d'éloignement (distances d_i) moyen des "ailerons orientables" à composante verticale de poussée hydrodynamique, pondéré par leur surface projetée horizontale (SH_i), par rapport au centre de gravité (G) du polygone dont les sommets sont les extrémités des "bras rayonnants" (24) (ce seuil est cité au second point du paragraphe "DIXIEMEMENT"). "LHT" est la longueur hors tout du dispositif porteur. La représentation en trait fin de la structure du bâtiment indique que les "ailerons orientables" considérés sont situés à l'aplomb de l'extrémité des "bras rayonnants" : il s'agit d'un mode de réalisation particulier et non limitatif.

Les Figures 12, 13 et 14 illustrent la notion de surface projetée verticale (SV) d'un "aileron orientable" (utilisée par la règle d'architecture illustrée à la figure 15 suivante), respectivement dans le cas d'un aileron plan à axe de rotation vertical, d'un aileron plan à axe de rotation incliné par rapport à la verticale et d'un aileron tubulaire (cette notion est citée au troisième point du paragraphe "DIXIEMEMENT"). Les éléments de la figure jouent des rôles homologues à ceux qui leur correspondent sur les figures 8, 9 et 10, en permutant horizontalité et verticalité. Sur la figure 13, " β " est l'angle de l'axe de rotation de l'aileron par rapport à la verticale.

La Figure 15 illustre, en vue de dessus, une application de la règle d'architecture du seuil plancher d'éloignement (distances d_i) moyen des "ailerons orientables" à composante horizontale de

5 poussée hydrodynamique, pondéré par leur surface projetée verticale (SVi), par rapport au centre de gravité (G) du polygone dont les sommets sont les extrémités périphériques des "bras rayonnants" (24) (ce seuil est cité au troisième point du paragraphe "DIXIEMEMENT"). La représentation en trait fin de la structure du bâtiment indique que les "ailerons orientables" considérés sont situés à l'aplomb de l'extrémité des "bras rayonnants" : il s'agit d'un mode de réalisation particulier et non limitatif.

10 Les Figures 16, 17 et 18 illustrent, en vue de dessus, dans le cas particulier et non limitatif d'un mode de réalisation à trois "bras rayonnants", des répartitions d'emplacements de capteurs répondant aux règles d'architecture relatives à leurs éloignements respectifs, concernant respectivement les accéléromètres (Azi) de mesure d'accélération verticale, les accéléromètres (Ayi) de mesure d'accélération dans la direction parallèle à l'axe OY et les capteurs d'altitude (Cai) par rapport au niveau de l'eau extérieure (ces règles d'architecture sont citées au paragraphe "ONZIEMEMENT" pour les accéléromètres et "DOUZIEMEMENT" pour les capteurs d'altitude).

15 Les Figures 19 à 22 illustrent une application de la règle d'architecture de seuil minimum de taux de passage libre transversal entre dispositif porteur et "plate-forme habitable" (2) (seuil cité au second point du paragraphe "NEUVIEMEMENT" de la première caractéristique) :

- La Figure 19 montre, en vue de tribord, les "carénages pivotants" (45) orientés selon le plan vertical de symétrie du bâtiment,
- La Figure 20 montre la coupe A-A' correspondante, en vue de dessus,
- 20 • Les Figures 21 et 22 sont les homologues des figures 19 et 20, sauf que les "carénages pivotants" (45) sont représentés tournés à 90° (le cas échéant cette orientation est fictive en outrepassant le débattement angulaire permis par le mode de réalisation) et la figure 21 comporte la formule exprimant mathématiquement l'application à ce cas de la règle du seuil minimum de taux de passage libre transversal (les surfaces mentionnées sont mesurées dans le plan de la figure) : (S2) et (S4) sont les surfaces frontales des "carénages pivotants" (45), (S3) 25 est la surface du passage intermédiaire et (S1) et (S5) sont les deux surfaces du passage entre le "flotteur immergé" (1) du dispositif porteur et la "plate-forme habitable" (2) qui sont situées respectivement en amont de (S2) et en aval de (S4).

6 - 1^{er} EXEMPLE : VOILIER DE BASE DE 10 m

30 Ce chapitre décrit à titre d'exemple un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, qui est un voilier à "flotteur immergé" unique d'environ 10 m de long, dans une version de base (une autre version plus perfectionnée, dite de grande croisière, sera décrite plus loin au chapitre 7 (p.82)).

35 Comme dit précédemment aux chapitres 4.2 (p.45) et 4.4 (p.47), ce mode de réalisation particulier et non limitatif est notamment illustré par les Figures 1 et 23 à 55, à l'exception des perches (38) à l'avant des deux "flotteurs auxiliaires" avant (3) et des capteurs (34) visibles en Figure 24 portés par ces perches (ces éléments seront en revanche présents dans la version dite de grande croisière).

Pour des raisons d'échelle et de lisibilité, sur certaines figures - notamment sur la Figure 1 -, des éléments cités par le texte sont simplement situés par un point, ou par un élément remarquable leur appartenant, ou ne sont pas représentés lorsque cela ne nuit pas à la compréhension d'ensemble.

6.1 - Structure et gréement de base (Fig. 1, 23 et 26 à 29)

- 5 Le dispositif porteur est un "flotteur immergé" fuselé (1) de 10 m de longueur, supportant par deux "pylônes porteurs" (16) la "plate-forme habitable" (2), de type à coque pontée fermée avec habitacle intégré.

- Le "flotteur immergé" (1) a une forme de révolution engendrée par la rotation autour de son axe d'un profil NACA 0008 (le maître-couple du "flotteur immergé" est situé au tiers avant et il a un
10 diamètre de 8% de la longueur). Il est réalisé en matériau composite, par exemple en stratifié de tissu de verre et résine polyester.

- Les "pylônes porteurs" (16) sont des colonnes en acier inoxydable dont la longueur libre entre encastrements dans le "flotteur immergé" (1) et la "plate-forme habitable" (2) est telle que la garde
15 verticale entre le "flotteur auxiliaire" et la "plate-forme habitable" (plus petite distance verticale entre ce flotteur et la plate-forme) est de 20% de la longueur du dispositif porteur, soit 2 m.

La longueur de la "plate-forme habitable" (2) est sensiblement la même, ou plus courte de 10 à 20% que la longueur du "flotteur immergé" (1). Elle est réalisée en matériau composite, par exemple en stratifié tissu de verre et résine polyester.

- Cette "plate-forme habitable" (2) contient le réservoir (17) du "dispositif de tare réglable" (visible
20 en Figure 23), installé en partie basse de la coque sous le plancher de l'habitable, avec un cloisonnage interne anti-ballotement, accompagné de son dispositif de remplissage total ou partiel à volume d'eau contrôlé. Ce réservoir (17) a une capacité suffisante pour que son remplissage total alourdisse le bâtiment de 10% de son poids total en charge nominal (rappel : le poids total en charge nominal est compté lorsque le tarage par ce réservoir est réglé en sorte que le niveau de l'eau
25 extérieure soit à mi-hauteur de l'intervalle compris entre le point le plus haut du "flotteur immergé" et le point le plus bas de la "plate-forme habitable"), afin qu'en "régime vitesse lente ou arrêt" les "flotteurs auxiliaires" (3) reposent franchement sur l'eau et s'y enfoncent partiellement, conformément au paragraphe "quatrièmement" de la première caractéristique (décrite chapitre 3.3 (p.6)).

- 30 Le dispositif propulsif éolien à mât profilé tournant (18) comporte une grand-voile lattée (19) tendue et orientée par son bord inférieur au moyen d'une bôme (20), ainsi qu'un foc (21) à l'avant. Le mât (18) a une longueur de l'ordre de 1.5 fois la longueur du "flotteur immergé" (1).

6.2 - Particularités du gréement (Fig. 1, 29 et 37 à 39)

6.2.1 - Espars tournants à très grand débattement angulaire

- 35 Le hale-bas comporte un palan vertical à câble avec dispositif de blocage, accroché entre la bôme (20) en partie haute et un chariot à billes en partie basse.

Ce chariot circule librement sur un rail circulaire (53), visible sur la Figure 29, fixé sur le toit de l'habitacle et concentrique au mât (18), ce qui autorise la rotation de ce mât sur 360°.

La tête du mat tournant (18) est maintenue par une butée rotative (54) à axe vertical (visible en Figure 29) munie de deux roulements à rouleaux coniques montés en opposition.

- 5 La cage externe de cette butée comporte cinq oreilles radiales où sont ancrés les quatre haubans (47) ainsi que l'étai (48) sur l'avant (nota : les haubans ne sont pas dessinés sur la Figure 29).

Les haubans (47) sont fixés en partie basse aux extrémités des "bras rayonnants" (24).

L'étai (48) auquel est fixé le foc (21) est fixé en partie basse sur la poutre (33). Cette poutre est renforcée par une sous-barbe (49) fixée à la base de l'étrave (voir Figure 23).

- 10 Les haubans (47) et l'étai (48) sont munis de ridoirs de réglage de tension à vis (non représentés) près de leur extrémité basse.

Les sommets de la grand-voile (19) et du foc (21) ne sont pas en tête du mât (18), mais à hauteur inférieure, telle que les voiles puissent pivoter sur 360° en passant sous les haubans (47) et l'étai (48) sans les accrocher.

15 6.2.2 - Ecoutes de voiles à traction régulée

- Les dispositifs de traction régulée d'écoutes sont notamment illustrés par le schéma du mécanisme (9) dans le coin supérieur droit de la Figure 1 (les ressorts (15) symbolisent un ou des éléments élastiques), par la Figure 37 pour l'enrouleur d'écoute, par la Figure 39 pour le vérin pneumatique engendrant la tension élastique, par la Figure 38 pour le circuit d'air comprimé du vérin et enfin par
- 20 la Figure 29 pour les chandeliers (55) à manchon tournant qui guident les écoutes à l'avant.

- L'écoute (22) de la grand-voile (19) et l'écoute (23) du foc (21) sont retenues par des dispositifs de régulation automatique de tension (9) solidaires de la "plate-forme habitable" (2), de manière que le couple de chavirement dû à la voilure ne puisse s'accroître brusquement de plus de 10% environ. Sur les Figures 1 et 29, les points marqués (9) repèrent les entrées des écoutes (22) et (23) dans les
- 25 dispositifs à tension régulée situés sous le pont (50).

- Le schéma en haut à droite de la Figure 1 illustre ce dispositif de régulation automatique de tension. Sur ce schéma, la nappe de ressorts (15) symbolise simplement un dispositif de traction à loi de comportement élastique, comme le seraient par exemple un treuil à enroulement commandé par un asservissement angulaire imposant cette loi élastique ou bien (c'est la solution retenue dans cet
- 30 exemple) à enroulement commandé par un second enroulement d'un câble antagoniste, ce second câble étant tiré par un vérin élastique pneumatique ancré à la structure de la "plate-forme habitable".

- De robustes chandeliers verticaux (55), jouant le rôle d'écarteurs d'écoute (22) et (23) de l'axe du bâtiment, situés symétriquement à bâbord et à tribord, sont solidaires du toit de l'habitacle et sont
- 35 munis chacun d'un manchon cylindrique tournant sur roulements. Ces manchons ont une hauteur et une disposition telles que les écoutes (22) et (23), interceptées au passage, s'appuient sur eux lorsque la grand-voile (19) ou le foc (21) pivotent très loin vers l'avant du bâtiment. Cela permet de

conserver un angle de traction d'écoute favorable lorsque le point d'écoute des voiles arrive vers l'avant, évitant ainsi d'accroître la capacité d'effort des régulateurs (9) uniquement pour la fin de course des écoutes.

- Les dispositifs (9) de traction régulée d'écoute sont au nombre de trois. Le premier est situé à l'arrière de la "plate-forme habitable" (2), dans le plan de symétrie du bâtiment pour l'écoute (22) de grand-voile (19). Les deux autres, pour les deux brins de l'écoute (23) du foc (21), sont situés l'un sur l'arrière bâbord et l'autre sur l'arrière tribord de la "plate-forme habitable". Lorsque le foc est utilisé, le dispositif (9) situé du côté sous le vent est en service et celui situé du côté au vent n'est pas en service. Les dispositifs (9) ont l'essentiel de leur mécanisme situé sous le pont (50).
- 10 Un seul des deux dispositifs (9) relatifs aux écoutes de foc est en service à la fois, c'est celui situé du côté sous le vent. L'écoute (23) de foc située du côté au vent est enroulée au maximum sur le tambour (10), seul dépassant de l'orifice du pont l'œil terminal de l'écoute, destiné à y accrocher le mousqueton du point d'écoute du foc (21) au prochain virement de bord.

- Les dispositifs (9) de régulation de tension d'écoute sont figurés par trois gros points sur la vue générale de la Figure 1 et détaillés schématiquement sur le schéma en haut à droite de cette même figure. La Figure 29 montre plus lisiblement la position des trois "points de tire" des écoutes (22) et (23) par les mécanismes de régulation d'effort (9), qui y sont simplement représentés par l'orifice de franchissement du pont (50) situé entre les poulies (51) et (52), visibles en Figure 1 sur le schéma du dispositif (9). Comme déjà dit, la nappe de ressorts dessinée sur ce schéma symbolise simplement un dispositif de traction à loi de comportement élastique. Toutes les poulies de ces dispositifs sont des modèles courants à billes, choisis de grand diamètre pour minimiser les frottements et l'usure des liens souples.
- 15 20

- Chacun de ces dispositifs (9) de régulation de tension d'écoute comporte un tambour cylindrique (10), illustré en Figure 37, tournant librement sur deux roulements à rouleaux coniques supportés par un arbre solidaire de la "plate-forme habitable" (2), sur lequel s'enroule l'écoute (22) ou (23) ; ce tambour (10) est solidaire d'un tambour coaxial à diamètre variable (11) muni d'une gorge (12) à profil de came multitours, sur laquelle est enroulé en sens opposé un câble souple et inextensible (13). Ce dernier fournit un couple antagoniste à celui de l'écoute par ancrage à un étrier de traction solidaire de la tige du piston d'un vérin pneumatique, illustré en Figure 39, à frottement quasi nul dont le corps est solidaire de la "plate-forme habitable". Ce vérin est relié par une canalisation de gros diamètre à un réservoir d'air comprimé, illustré en Figure 38, de volume très grand par rapport au volume maximum de sa chambre. L'équipage adapte la pression moyenne dans ce réservoir en fonction de la force du vent et de la surface de la voile en service au moyen d'un ensemble de compresseur, vannes et manomètre reliés au réservoir.
- 25 30

- L'évolution du rapport des rayons d'enroulement de l'écoute (22) ou (23) sur le tambour (10) et du câble antagoniste (13) sur le tambour (11) en fonction de l'angle de rotation de ces tambours est prévue de manière que le moment de la force de traction de l'écoute par rapport à l'axe de pivotement de la voile croisse linéairement en fonction de l'angle du plan porteur, avec une variation totale de 10% lorsque cet angle passe de 0° (voile "bout au vent") à 180° (voile ayant complètement filé vers l'avant).
- 35 40

Le vérin à frottement quasi-nul retenu est à membrane souple, de principe connu, dont il existe probablement un modèle du commerce pouvant convenir. Dans l'incertitude que ce soit effectivement le cas, on donne ci-après une description détaillée d'un type convenant à coup sûr.

Le vérin (70) - voir Figures 38 et 39 - , sensiblement colinéaire à la force de traction du câble (13), est formé d'une cloche cylindrique femelle (78) dans laquelle une cloche cylindrique mâle (79) coulisse avec un jeu annulaire. Une membrane armée souple tubulaire (80) - voir détail B - , ancrée au périmètre du fond de la cloche femelle (78) et sur la tête de la cloche mâle (79), est retournée comme un doigt de gant et roule entre les parois coussantes pour assurer l'étanchéité. Le premier ancrage est assuré par le pincement de la membrane entre la plaque (81) formant fond du vérin et la bride d'extrémité du corps (78) au moyen d'une couronne de vis (82). Le deuxième ancrage est assuré par le pincement de la membrane (80) entre la tête du piston (79) et la contre-plaque (83) par une couronne de vis (84). Le corps (78) du vérin est solidaire de la structure de la "plate-forme habitable" (2) et son fond comporte l'orifice d'une canalisation de gros diamètre (71) rejoignant un réservoir (72) d'air comprimé de volume très important par rapport au volume maximum de la chambre du vérin. La pression dans ce réservoir est ajustable d'une part au moyen du compresseur (73) puisant l'air extérieur et le refoulant par la canalisation (74) munie d'une vanne d'arrêt (75) et d'autre part au moyen de la vanne de décompression (77) à échappement à l'air libre. Le piston (79) du vérin est solidaire, par l'intermédiaire d'un étrier (85), de deux tiges (86) guidées chacune par deux douilles (non dessinées) à recirculation de billes, dont les bagues extérieures sont solidaires de la structure de la "plate-forme habitable" (2). Un second étrier (85), solidaire des tiges à leur autre extrémité transmet l'effort de compression dans la tige (79) du vérin, converti en effort de traction dans les tiges (86) par une oreille à œil (87) puis une manille (88) qui est ancrée :

- soit directement au câble (13) par une cosse à œil (89) comme dessiné sur la Figure 39,
- soit (cas non dessiné) à l'œil de la chape mobile d'un palan formant multiplicateur de course ; dans ce cas, le câble (13) passe dans les gorges des poulies à roulements à billes du palan et il effectue plusieurs aller et retours entre les poulies de ses deux chapes ; l'extrémité du câble (13) opposée à l'enroulement sur le tambour (11) est ancrée à la chape fixe du palan, qui est solidaire de la structure de la "plate-forme habitable" (2).

Pour atteindre le mécanisme (9) situé sous le pont (50), l'écoute (22) ou (23) traverse ce dernier (voir schéma en haut et à droite de la Figure 1) par un orifice au centre duquel elle est guidée d'une part par une poulie supérieure (51), à axe horizontal et chape orientable dont le pivot vertical est solidaire du pont, et d'autre part par une poulie (52) non orientable à axe horizontal et à chape fixée sous le pont (50). Un mécanisme auxiliaire (voir Figure 37) assure en outre le guidage latéral de l'écoute (22) ou (23) à proximité de son enroulement sur le tambour cylindrique (10), de manière que l'enroulement soit à spires jointives sans chevauchement.

Un second mécanisme auxiliaire de guidage d'enroulement est prévu (mais non dessiné) pour le câble (13), disposé symétriquement au premier par rapport au plan vertical passant par l'axe des tambours (10) et (11).

Chacun de ces deux mécanismes auxiliaires de guidage d'enroulement comporte une paire de poulies à gorge (69) à section en demi-cercle, qui sont tangentes et forment ensemble un orifice

circulaire délimité par les gorges en vis-à-vis et par lequel passe l'écoute ou le câble à guider. Les pivots verticaux de ces deux poulies sont portés par un chariot (67) mobile en translation parallèlement à l'axe des tambours (10) et (11). Ce chariot est guidé en translation par des organes de guidage sur un rail (68) solidaire de la structure de la "plate-forme habitable" (2). Le chariot est
 5 solidaire d'un câble (63) tendu parallèlement à sa course et renvoyé par des poulies (64) à axe vertical solidaire de la "plate-forme habitable" vers deux tambours (62) de petit diamètre coaxiaux avec les tambours principaux et solidaires de ceux-ci en rotation, sur lesquels ils sont ancrés par leurs extrémités et enroulés en sens opposés. De la sorte, le déplacement en translation du chariot (67) est proportionnel à l'angle de rotation des tambours (10) et (11). Dans une variante du mode de
 10 réalisation, l'entraînement du chariot est assuré par un système vis-écrou dont l'organe tournant est entraîné en rotation par la rotation des tambours au moyen d'une transmission à pignons et chaîne, ou à engrenage, ou encore à poulies et courroie crantées.

Le réglage de la longueur déroulée de l'écoute à une valeur précise est piloté par le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire". A cette fin, d'une part l'angle de
 15 rotation du tambour (10) est mesuré par un capteur angulaire, d'un type courant mais fiable (par exemple à codage absolu), solidaire du tambour, et d'autre part un moteur électrique pas à pas d'un type courant et à couple de décrochage connu dont l'arbre de sortie est solidaire du tambour par l'intermédiaire d'une transmission mécanique réversible. Le capteur angulaire et le dispositif électronique de commande du moteur sont reliés au calculateur électronique du "contrôleur
 20 d'assiette et de trajectoire". Ce dispositif de réglage d'écoute permet de compenser les frottements, tout en laissant filer l'écoute en cas d'effort anormal dû à une survente, sans perdre la connaissance de l'angle du tambour, de manière à rétablir ensuite automatiquement un réglage optimal. Le léger verrouillage angulaire procuré par le couple rémanent de maintien du moteur pas à pas dispense de
 25 pas à aimants permanents, à couple rémanent plus accentué.

6.3 - Carénages pivotants (Fig. 1, 23 à 25 et 35-36)

Chaque "pylône porteur" (16), chaque "mât porte-ailerons orientables" (26) et le "mât porte-girouettes hydrauliques" (37) - visible en Figure 23 - est muni d'un "carénage pivotant" profilé (45) en matériau composite, par exemple en stratifié tissu de verre et résine polyester,
 30 auto-orientable dans le courant par pivotement libre autour du pylône ou du mât grâce à des roulements (46) situés près des extrémités haute et basse du carénage ; le roulement du bas est à aiguilles sans bague interne et son chemin de roulement interne est directement constituée par une zone cylindrique traitée, rectifiée et polie miroir du fût de ce pylône ou mât.

Les axes de ces roulements (46) sont verticaux, colinéaires et situés dans le plan de symétrie du
 35 "carénage pivotant" (45), suffisamment près du bord d'attaque pour garantir une auto-orientation franche du carénage sous l'effet du courant, comme une girouette.

La section horizontale du profil du carénage (45) est évolutive, partant d'un profil NACA 0020 à l'extrémité inférieure et aboutissant en extrémité supérieure à un profil NACA 0020 modifié de façon à former au bord d'attaque un angle d'étrave à 30°, avec une longueur de corde double de la
 40 longueur de corde du profil du bas.

Chaque carénage (45) a la hauteur maximale possible, aux deux jeux et formes d'extrémités près, compatible avec le mode de liaison du "pylône porteur" ou du mât porteur avec l'élément de structure supérieur du bâtiment. Dans le cas des liaisons de "mâts porte-ailerons orientables" ou de "mât porte-girouettes hydrauliques" à limitation calibrée d'effort, ces formes sont prévues pour permettre le relèvement du mât sans dégât ni au "carénage pivotant", ni à l'élément de structure du bâtiment surplombant ce mât.

Certains "carénages pivotants" sont le cas échéant protégés des dégâts par choc d'obstacle sur l'avant (détails non dessinés) :

- au moyen d'un jonc en caoutchouc dur ou d'une baguette martyr en bois encastrés le long du bord d'attaque du "carénage pivotant",
- et/ou au moyen du montage des bagues internes ou des bagues externes des roulements de guidage en rotation du carénage avec interposition de bagues en caoutchouc dont l'élasticité radiale permet la mise en contact et le repos direct de la paroi de la lumière centrale du "carénage pivotant" sur le fût résistant du pylône ou du mât, par léger recul de ce carénage en cas d'effort excessif de l'avant.

Ces "carénages pivotants" sont munis (voir Figures 35 et 36) d'un matériau de remplissage en mousse polyuréthane (59) en aval du tube formant le moyeu du carénage, et le cas échéant en aval de la cloison arrière (58) de la lumière verticale traversante (56), dans le cas des carénages possédant une telle lumière. Des organes (57) empruntent cette lumière pour passer de l'élément de structure supérieur à l'élément inférieur, comme par exemple les câbles de transmission de signaux de mesure des capteurs angulaires des "girouettes hydrauliques" à la "plate-forme habitable" et les câbles d'alimentation électrique de ces capteurs.

La Figure 35 montre le débattement angulaire d'environ 30° permis de part et d'autre de la position moyenne du carénage par cette lumière et la coupe de la Figure 36, effectuée légèrement au dessus du pied du carénage, explicite la zone de la lumière et celle du matériau de remplissage.

6.4 - Flotteurs auxiliaires et ballasts (Fig. 1, 24 et 26 à 28)

Le dispositif stabilisateur pour le "régime vitesse lente ou arrêt" comporte quatre "flotteurs auxiliaires" (3) à l'extrémité de "bras rayonnants" horizontaux ou quasi-horizontaux (24) solidaires de la "plate-forme habitable" (2). Ces bras sont régulièrement répartis autour de cette dernière et orientés à 45° du plan longitudinal de symétrie du bâtiment. Chaque "flotteur auxiliaire" (3) a un volume de flottabilité (volume d'eau déplacé en cas d'immersion complète) de l'ordre de 25 à 30% du volume du "flotteur immergé" (1). Les "bras rayonnants" (24) ont une longueur du même ordre de grandeur que la longueur du "flotteur immergé".

Le dispositif d'équilibrage pour le "régime vitesse rapide" comporte un dispositif à variation de répartition de masses d'eau dans quatre compartiments-ballasts (4) de volumes égaux, chacun implanté dans la zone centrale d'un "flotteur auxiliaire" (3) et d'une capacité égale à environ 15 à 20% du volume du "flotteur immergé" (1). Chaque compartiment-ballast (4) est délimité par la paroi de la coque du "flotteur auxiliaire" (3) et par deux cloisons étanches transversales (25). Ces

compartiments-ballasts (4) contiennent ensemble, au total, un volume d'eau égal au volume de l'un d'entre eux (ils sont donc remplis en moyenne au quart de leur capacité individuelle).

La partie basse de chaque compartiment-ballast (4) est reliée, à travers la tuyère d'un propulseur électrique d'étrave (d'un type courant) utilisé ici comme motopompe bidirectionnelle, à une canalisation de gros diamètre qui rejoint la "plate-forme habitable" (2) en passant par l'intérieur du "bras rayonnant" voisin (24). Les quatre canalisations provenant des réservoirs-ballasts (4) convergent dans une chambre d'intercommunication après être passée chacune par une électrovanne de sectionnement d'un type courant mais à manœuvre rapide ; chaque électrovanne est ouverte lorsque le propulseur associé tourne et elle est fermée lorsqu'il est à l'arrêt. Chaque compartiment-ballast (4) est muni d'un capteur de niveau de l'eau contenue. Ces capteurs et les organes électroniques de commande de puissance des propulseurs d'étrave et des électrovannes de sectionnement sont reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire".

Ce dispositif de transvasement est conçu pour régler la répartition de l'eau entre compartiments-ballasts (4) aux valeurs de consigne avec un temps de réponse maximum de l'ordre d'une minute (temps de remplissage complet ou de vidage complet d'un compartiment donné).

6.5 - Dispositif à ailerons orientables (Fig. 1, 24-25 et 40 à 55)

Rappel : voir note au début du chapitre 3.8.8 (p.29).

Le dispositif de stabilisation pour le "régime vitesse rapide" comporte quatre paires "d'ailerons orientables" (5) à force de portance hydrodynamique réglable grâce au réglage de l'angle dièdre du plan porteur de chacun avec le plan porteur de son volet de bord de fuite.

Chaque paire d'ailerons (5) est composée d'un aileron (27) orientable autour d'un axe horizontal (28) parallèle à l'axe OY et d'un aileron (29) orientable autour d'un axe vertical (30), à forces de portance transversales de directions proches respectivement de la verticale et de bâbord-tribord.

Chaque paire (5) est située en partie basse d'un mât vertical (26) fixé sous le "flotteur auxiliaire" (3) ou dans son voisinage immédiat par une liaison très rigide au "bras rayonnant" (24), prévue cependant à résistance de rupture calibrée pour éviter tout dégât au "flotteur auxiliaire" ou au "bras rayonnant" en cas d'accrochage d'obstacle par les "ailerons orientables" ou par leur mât porteur.

Chaque mât vertical (26) a une longueur telle que le haut de l'aileron supérieur (29) qu'il porte est situé plus bas que le point le plus haut du "flotteur immergé" (1) et telle que l'altitude moyenne de la paire d'ailerons (5) qu'il porte est identique à l'altitude du centre de poussée d'Archimède du "flotteur immergé" (1), ou légèrement plus basse.

Les deux "bras rayonnants" (24) de l'arrière sont environ 20% plus courts que les deux bras (24) de l'avant, de manière à éloigner le sillage de chaque paire (5) "d'ailerons orientables" de l'avant de la paire (5) "d'ailerons orientables" de l'arrière située du même côté du bâtiment.

Pour assurer la résistance et la rigidité nécessaires, les "bras rayonnants" (24) sont métalliques ou en matériau composite en stratifié tissu de carbone unidirectionnel et résine époxy stratifié sur âme en mousse rigide et à forte section et les mâts (26) sont constitués d'une barre d'acier inoxydable de

forte section avec liaison au bras par deux platines assemblées par boulons à rupture calibrée.

Les répartitions des rigidités, masses et amortissements sont prévues pour interdire la naissance de phénomènes de résonance sous l'effet des sollicitations mécaniques résultant de l'écoulement rapide de l'eau extérieure autour des parties immergées. Le cas échéant, on peut utiliser à cette fin la simulation numérique sur ordinateur ou une campagne d'essais sur prototype équipé d'accéléromètres de mesure de vibrations sur un "bras rayonnant" (24) et sur le "mât porte-ailerons orientable" (26) associé, suivie d'ajouts de masses concentrées aux points permettant de supprimer ces résonances.

6.5.1 - Liaison entre bras rayonnant et mât porte-ailerons orientables

10 Selon deux variantes du mode de réalisation de cet exemple de voilier de base de 10 m :

- soit le "mât porte-ailerons orientables" (26) est fixé sous le "flotteur auxiliaire" (3), comme illustré sur les Figures 1 et 24, au moyen de boulons à charge de rupture calibrée, conformément à la description donnée au chapitre 3.8.7.a (p.26),
- soit le "mât porte-ailerons orientables" (26) est fixé sous le "bras rayonnant" (24), au voisinage immédiat du "flotteur auxiliaire" (3), comme illustré sur les Figures 54 et 55, au moyen d'une charnière de sécurité à butée et à limitation d'effort, conformément à la description donnée au chapitre 3.8.7.b (p.27).

20 Cette seconde variante est recommandée pour sa meilleure garantie de maintien ou de rétablissement du "régime vitesse rapide" sans nécessiter de réparation au port après un heurt d'obstacle d'intensité modérée ; c'est elle qui va être décrite dans la suite du présent chapitre 6.5.1.

Ce dispositif est illustré, pour le cas de la liaison du "mât porte-ailerons orientables" (26) de tribord avant au "bras rayonnant" (24) le surplombant, par la coupe partielle schématique vue depuis tribord de la Figure 54 et par la vue de dessus schématique de la Figure 55.

25 Sur ces figures, on voit la robuste platine (149) solidaire de la tête du "mât porte-ailerons orientables" (26) par une liaison soudée, renforcée de raidisseurs soudés (151) logés dans le haut évasé du "carénage pivotant" (45) - non dessiné ici -, tels qu'ils ne gênent pas son pivotement.

30 Le positionnement anti-glissement est assuré par trois billes (152) serties dans des logements de la platine inférieure (149) et venant s'emboîter dans trois cuvettes en creux (153) de la platine supérieure (150) ; le serrage des deux platines l'une contre l'autre est assuré par trois câbles (154) tendus, à force de rupture calibrée, ancrés à la platine inférieure, qui traversent la platine supérieure par des trous à orifice inférieur évasé (détail non dessiné), arrondi et poli pour ne pas y être détériorés, qui passent ensuite le cas échéant dans des puits traversant le "bras rayonnant" (24), puis qui passent sur trois poulies à gorge (155) à axes horizontaux et à chapes solidaires du bras (les chapes ne sont pas dessinées), et enfin se rejoignent et se fondent en un câble de traction unique (156), de direction sensiblement parallèle à l'axe du "bras rayonnant".

35 L'extrémité de ce câble (156) est fixée à un ressort de compression (157) du type de ceux interposés sur les amarres de bateaux comme amortisseurs, qui est accroché à un second câble (158) dont

l'autre extrémité (non visible sur la figure) est fixée à un levier ou un palan verrouillables servant à la mise sous tension pour verrouiller la liaison, ou au relâchement pour relever le "mât porte-ailerons orientables" (26).

5 Chacune des trois billes (152) est voisine de l'un des trois points d'ancrage des câbles (154) et les trois couples qu'ils forment deux à deux sont disposés aux sommets d'un triangle isocèle dont la base, voisine du bord aval des platines (149) et (150), est parallèle à l'axe OY et le sommet opposé est dirigé vers l'amont.

10 Le mât (26) est muni d'un câble (non dessiné), rangé replié en accordéon sur l'élément de structure supérieur du bâtiment et maintenu par bracelets élastiques ou fil à rompre, dont l'extrémité est soit fixé à la structure, soit solidaire d'une balise flottante (par exemple une bouée de détresse lumineuse à allumage par retournement) fixée sur un clip élastique solidaire de l'élément supérieur.

En cas de léger déboîtement, la liaison des platines (149) et (150) se reverrouille en place d'elle même ; en cas d'effort plus intense, elle se déboîte complètement et il est nécessaire de détendre, puis de retendre progressivement les câbles pour la rétablir ; en cas d'effort violent, un ou plusieurs 15 câbles calibrés (154) se rompent et leur remplacement est nécessaire pour rétablir la liaison.

Dans une variante améliorée du mode de réalisation :

- les billes (152) sont remplacées par des tétons à pénétration dans des logements (153) un peu plus profonds, les deux tétons aval sont placés juste au bord extrême de la platine (152) et les bords aval des deux platines sont munis de chanfreins, de manière à retarder au maximum le 20 déboîtement ; la capacité de flèche du ressort (157) est choisie en conséquence ;
- le cas échéant, deux câbles textiles de résistance calibrée (non dessinés) parallèles aux bords les plus longs des platines, sont ancrés au bord arrière de la platine (149) et au bord amont de la platine (150), avec une tension déterminée (par exemple au moyen de ridoirs à vis) et courent 25 dans deux rigoles de la face inférieure de la platine supérieure, en sorte qu'un déboîtement total est possible avec un angle de remontée du mât (26) pouvant approcher 90° avant que ces câbles se rompent éventuellement, permettant ainsi le passage de la plupart des obstacles et le remboîtement automatique après un bref arrêt du bâtiment pour suspendre la force de traînée.

De manière analogue au dessin de la Figure 56 (relative à un autre mode de liaison, présent dans l'exemple n°2), chaque "mât porte-ailerons orientables" (26) est muni d'un dispositif de relevage 30 vers l'arrière et vers le haut au moyen d'un câble (159) fixé sur une oreille du bord de fuite du "carénage pivotant", située vers sa mi-hauteur ; ce câble passe sur une poulie (160) prenant appui sur l'élément de structure supérieur du bâtiment, le cas échéant par l'intermédiaire d'un bossoir solidaire de ce dernier ; le mât peut être volontairement relevé pour réduire le tirant d'eau en relâchant le ressort (157) plaquant normalement les platines (149) et (150) de la liaison l'une contre 35 l'autre et en tirant sur ce câble (159) au palan ou au winch via des poulies de renvoi.

De manière similaire, un câble (161) fixé vers la mi-hauteur du bord d'attaque du "carénage pivotant" et dirigé vers l'amont permet à un membre d'équipage juché sur le "bras rayonnant" (24) de remettre en place la liaison après redescente du mât (26) en le guidant manuellement avec une

perche pour emboîter les billes dans leur logements pendant que le câble (158) est progressivement retendu par un autre membre d'équipage.

5 Les câbles électriques et éventuelles fibres optiques aboutissant aux équipements électriques ou électroniques implantés sur le (ou au voisinage du) "mât porte-ailerons orientables" comportent un connecteur à broches étanche, débrochable sous faible traction sans dégâts aux câbles. Le connecteur est monté flottant au voisinage de la plaque (150), sur une partie du faisceau de câbles et/ou de canalisations constitué de tronçons souples, normalement détendus. Chaque moitié du connecteur est reliée par une chaînette de retenue, normalement détendue, à la partie de structure dont il doit rester solidaire en cas de débrochage. La longueur de la partie du faisceau munie du connecteur débrochable qui est comprise entre les deux plus proches points d'ancrage au "bras rayonnant" d'une part et au "mât porte-ailerons orientables" d'autre part et les longueurs des chaînettes de retenue sont telles qu'en cas d'arrachage l'effort de traction soit supporté exclusivement par les chaînettes et non par les câbles et canalisations du faisceau souple.

6.5.2 - Architecture d'un couple aileron / volet

15 6.5.2.a - Généralités

Rappel : voir note au début du chapitre 3.8.8 (p.29).

20 Les "ailerons orientables" (27) et (29) - voir Figure 25 - sont à plan de forme rectangulaire, ou mieux avec un bord d'attaque légèrement en flèche avec un angle de l'ordre de 20° (solution non dessinée, sauf sur le schéma de la Figure 44) et ils sont d'allongement 2 (rapport : envergure d'aile / corde du profil). Chaque aileron pivote librement, dans la limite angulaire d'une fourchette de 30° de part et d'autre de sa position moyenne ; cette fourchette angulaire est imposée par deux butées (non représentées) solidaires du mât (26).

25 Chaque aileron pivote sur des roulements à aiguilles ou à rouleaux coniques montés en opposition et fonctionnant dans un bain d'huile sous pression. L'angle de plus ou moins 30° précité est choisi pour permettre une incidence de 10° de "l'aileron orientable" par rapport au courant, jusqu'à un angle du courant apparent par rapport à l'axe OX de 20° maximum (angle dû à la composante transversale du mouvement des vagues).

30 Chacun de ces ailerons (27) et (29) s'oriente spontanément sous l'effet des couples antagonistes dus à sa propre force de portance hydrodynamique et à la force de portance hydrodynamique de son volet associé (31) ou (32). Comme illustré sur le schéma de la Figure 42, l'axe de pivotement de chaque volet est solidaire de deux plaques (94) fixées aux extrémités latérales de l'aileron associé, perpendiculaires au pivot de ce dernier et débordant vers l'aval, au delà de son bord de fuite.

35 Les volets (31) et (32) ont même envergure que les ailerons (27) et (29), mais ont une corde trois à quatre fois plus courte. Le braquage de chaque volet est assuré par un asservissement d'orientation angulaire du volet par rapport à son aileron, à temps de réponse d'environ 0.2 s par 5° de variation.

Les "ailerons orientables" et leurs volets sont en matériau composite, par exemple en stratifié tissu de carbone et résine époxy, de profil à génératrices NACA 0018 cylindrique (ou surface réglée pour "l'aileron orientable" en cas de bord d'attaque en flèche), avec une envergure d'environ 9% de la longueur du "flotteur immergé" (1).

6.5.2.b - Explications détaillées des figures 40 à 44

Sur les Figures 40 et 41 on voit "l'aileron orientable" (27/29) avec son axe pivot (28/30) ainsi que son volet de bord de fuite (31/32). Sur la Figure 40, l'axe d'articulation (92/93) du volet est confondu avec le bord de fuite (91) de "l'aileron orientable" selon une ligne de jonction commune (90). Sur la Figure 41, l'axe d'articulation (92/93) du volet (31/32), situé dans le plan moyen de "l'aileron orientable", est parallèle au bord de fuite (91) de cet aileron et à une distance telle qu'il y ait entre l'aileron et le volet un jeu "g" de l'ordre de 10 à 20% de la longueur de corde du volet.

Sur la Figure 42 on voit les deux plaques latérales (94) fixées sur les extrémités d'aile de "l'aileron orientable" (27/29), qui sont solidaires des extrémités de l'arbre (92/93) formant pivot du volet et lui servent de supports. Cet arbre pivot est fixe par rapport à "l'aileron orientable".

Sur la Figure 43 on voit en coupe le cas d'un "aileron orientable" (27/29) et son volet de bord de fuite (31/32) qui forment un profil hydrodynamique continu NACA 0015 lorsque le volet n'est pas braqué. Pour cela, le bord de fuite de "l'aileron orientable" comporte une gouttière longitudinale dans laquelle est encastré le nez du volet, qui est localement à profil circulaire. Un jeu minime subsiste entre l'aileron et le volet. Le profil de la gouttière est légèrement plus évasé que celui du nez du volet pour permettre le débattement angulaire de ce dernier sans coincement.

Sur la Figure 44 on voit un "aileron orientable" (27/29) de plan de forme à bord d'attaque en flèche, les cordes en extrémités d'aile étant environ trois fois plus courtes que la corde de milieu d'envergure. Le volet (31/32) est à plan de forme rectangulaire, de même envergure que l'aileron et de longueur de corde égale à environ le quart de la longueur de corde maximale de cet aileron. Les axes pivots sont respectivement (28/30) pour l'aileron et (92/93) pour le volet.

Recommandations pour le choix de solution :

- Les dispositions recommandées pour l'aileron et le volet sont celles de la Figure 43 (de préférence) pour sa robustesse et celle de la Figure 41 (à la rigueur) pour son gain de couple.
- La disposition de la Figure 40 n'est pas directement conseillée, son efficacité étant mal connue.
- Le mode de liaison par plaques latérales maintenant l'arbre du volet selon la Figure 42 est recommandé dans tous les cas ; le cas échéant, des plaques identiques intermédiaires, solidaires de "l'aileron orientable" et du pivot du volet peuvent être prévues en supplément pour soutenir l'arbre pivot du volet en plus de deux points ; des fentes au bord d'attaque du volet, ajustées aux faces des plaques intermédiaires, sont alors prévues pour permettre le passage de ces plaques.
- La disposition d'aile en flèche illustrée par la Figure 44 est recommandée pour son excellent rendement de portance et son effet anti-accrochage d'algues, mais seulement dans le cas où l'on veut privilégier la vitesse de pointe en acceptant une "vitesse critique" V_c un peu plus élevée, à cause d'une moindre surface portante à envergure donnée.

Nota important : Les recommandations ci-dessus sont prioritaires par rapport aux dispositions relatives de l'aileron et du volet des Figures 45 à 51, dispositions choisies uniquement pour la facilité de dessin et/ou la clarté d'illustration.

6.5.3 - Mécanisme de commande de l'angle dièdre aileron-volet

6.5.3.a - Vue d'ensemble du mécanisme

Deux moteurs électriques pas à pas, d'un type courant et d'un modèle choisi pour un couple élevé et un faible encombrement radial, éventuellement couplés à des réducteurs à engrenage, ont leurs bâtis solidaires de chaque "mât porte-ailerons orientables", juste sous la tête du mât et en aval de celui-ci, à l'abri d'un carter étanche à sorties d'arbres en partie basse munies de joints d'étanchéité tournants ; ce carter est à l'abri des vagues dans la partie supérieure du "carénage pivotant", muni d'un renflement local prévu à cet effet, suffisant pour permettre un débattement angulaire du carénage de 30° vers bâbord et de 30° vers tribord.

- 10 Les arbres de sortie des moteurs ou de leurs réducteurs sont couplés aux arbres de transmission quasi verticaux longeant le mât par des cardans sous soufflets étanches garnis de graisse. Ces arbres de transmission sont situés en aval du mât, côte à côte. Ils traversent le "carénage pivotant" et "l'aileron orientable" supérieur soit en passant dans une lumière verticale située en aval des roulements de guidage, soit en passant par une ouverture dans le balourd aval des bagues
- 15 excentrées situées à l'intérieur de ces roulements, comme décrit au chapitre 3.8.3.d (p.22) et au chapitre 3.8.9.b (p.32).

Le roulement à aiguilles inférieur de guidage de chaque arbre de transmission est logé dans un petit coulisseau à faces latérales verticales parallèles (non dessiné sur les figures) assurant un guidage plan selon le plan de symétrie vertical de l'aileron en glissant avec un très faible jeu dans une lumière à faces parallèles à ce plan. De manière à garantir le contact permanent des rotules

20 roulantes à billes du quadrilatère articulé (décrit plus loin), ce coulisseau est poussé vers le volet par un ressort de compression prenant appui sur la structure de l'aileron et sur le coulisseau. Sa force de compression est prévue suffisante pour éliminer le risque de perte de contact des rotules en cas de heurt d'obstacle par "l'aileron orientable" ou par le volet, compte tenu du couple limite du

25 limiteur de couple reliant l'extrémité inférieure de l'arbre de transmission au guidon menant.

Ce limiteur de couple est constitué par l'extrémité inférieure de l'arbre de transmission, en dessous du roulement à aiguilles sans bague interne du guidage inférieur, qui est légèrement cannelé, et par un étrier à mâchoires qui sont cannelées à l'identique sur leur faces internes et qui engrenent avec la partie cannelée de l'arbre. Ces mâchoires sont articulées sur un pivot vertical solidaire du guidon

30 menant du quadrilatère articulé et leurs extrémités opposées au pivot sont serrées par un ressort de traction exerçant une force assurant la solidarisation en rotation de l'arbre avec le guidon jusqu'à un couple de transmission maximum au delà duquel les mâchoires s'écartent légèrement, les cannelures échappent et l'arbre tourne de quelques crans par rapport au guidon menant.

La position angulaire du guidon menant par rapport au "mât porte-ailerons orientables" est mesurée

35 par un capteur angulaire d'un type courant et fiable (par exemple du type à codage absolu).

Les dispositifs électroniques de commande d'alimentation électrique des phases des moteurs pas à pas, les deux capteurs de mesure angulaire des guidons menants, ainsi que le capteur de mesure angulaire de "l'aileron orientable" supérieur sont reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire". Ces équipements électriques et leurs liaisons sont protégés de l'humidité

40 dans un réseau étanche à atmosphère contrôlée, comme décrit par les trois derniers paragraphes du

chapitre 3.8.12.b (p.36) et rappelé plus loin, à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 6.6.4 (p.74).

Les ailerons et volets sont de type encastré, comme dessiné en Figure 43, et l'arbre fixe formant pivot du volet est maintenu par des plaques latérales, comme dessiné en Figure 42. Le volet comporte deux oreilles latérales accouplées à des bielles pour son orientation.

- 5 La transmission de mouvement entre chaque arbre de commande rotatif vertical (ou quasi-vertical) et le volet correspondant est assuré par un mécanisme dont une grande partie des organes est logée à l'intérieur de "l'aileron orientable" correspondant, dans une cavité ménagée à cet effet. Pour permettre la montabilité, les ailerons sont constitués chacun de deux parties assemblées bout à bout, séparées par un plan de joint perpendiculaire à leur axe de rotation. Des pieds de centrage au niveau
- 10 du plan de joint assurent l'identité d'orientation angulaire des deux parties et des tiges filetées traversantes, parallèles à cet axe de rotation, avec écrous freinés à leurs extrémités, assurent le placage des deux parties au niveau du plan de joint. Chaque partie comporte un guidage en rotation complet sur l'axe, avec au moins un roulement au voisinage du plan de joint et un autre du côté opposé, en extrémité d'aile (selon deux variantes, il peut y avoir soit deux roulements voisins près
- 15 du plan de joint soit un seul, qui est alors au ras du plan de joint ou qui est emboîté à mi-épaisseur de bague dans deux logements en vis à vis ménagés dans chacune des deux parties de l'aileron).

Il est ici rappelé que la Figure 45 est un schéma sur lequel les guidons sont dessinés avec une longueur exagérée et disproportionnée pour améliorer la lisibilité. En réalité, les guidons AB et CD sont enfouis dans des cavités internes des ailerons (29) et (27) respectivement et les guidons A'B' et

- 20 C'D' sont en fait constitués d'oreilles latérales solidaires respectivement des volets (32) et (31).

La cinématique d'ensemble des mécanismes de transmission de mouvement des arbres verticaux aux volets correspond au schéma de la Figure 45, sauf pour les guidons, dont les axes de rotation sont en réalité un peu plus décalés vers l'aval que dessinés sur le schéma. Ainsi le guidon menant AB (97) est davantage décalé vers l'aval par rapport à l'arbre (104) et sa branche bâbord est courbe,

- 25 de manière à avoir un débattement angulaire suffisant sans heurter d'éléments voisins. De même, le guidon menant CD (106) est davantage décalé vers l'aval par rapport à l'arbre d'axe (28).

Chaque quadrilatère articulé (A-B-B'-A' et C-D-D'-C') comprend deux bielles exclusivement poussantes dont chaque extrémité en forme de cuvette coiffe une bille sertie sur une embase solidaire de l'extrémité voisine d'un guidon ; l'une des quatre embases est éventuellement réglable

- 30 par une vis bloquée par un contre-écrou freiné pour le réglage au montage (ceci n'est pas obligatoire) ; chaque portée sphérique roule dans un bain de graisse contenue dans un manchon souple, élastique et étanche, comme illustré aux Figures 52 et 53.

Dans une variante du mode de réalisation précédent, les guidons récepteurs ne sont pas concourants avec l'axe de rotation du volet de bord de fuite, mais sont déportés vers l'aval d'une longueur

- 35 minimisant l'amplitude des déplacements du coulisseau à ressort précité. Dans une sous-variante, ce ressort est même supprimé et des pièces du mécanisme (par exemple le guidon moteur) sont dotés d'une élasticité limitant l'hyperstaticité résiduelle éventuelle du quadrilatère articulé.

6.5.3.b - Explications détaillées des Figures 45 à 53

La Figure 45 illustre schématiquement le mode de réalisation du dispositif de transmission

mécanisme de commande d'orientation angulaire des volets des "ailerons orientables", basé sur des renvois d'angles homocinétiques liant par biellettes un guidon menant à un guidon mené et constituant des quadrilatères articulés.

5 Cette figure reproduit la partie inférieure de la Figure 25, agrandie au double, avec la base du "carénage pivotant" (45) modifiée par un renflement local pour pouvoir loger un organe (46) de plus grand diamètre pour le guidage en rotation du carénage, ceci afin de permettre le passage simultané du fût (26) et des deux arbres de transmission (95) et (104) à l'intérieur des organes de guidage en rotation du "carénage pivotant" et de "l'aileron orientable" supérieur.

10 Par rapport à la Figure 25, il a été ajouté sur cette Figure 45 la représentation schématisée et simplifiée de la chaîne cinématique de la transmission de commande d'orientation des volets, avec les conventions graphiques suivantes :

- les traits forts représentent des arbres de transmission rotatifs, des guidons ou des bielles,
- les gros points représentent les articulations entre ces organes,
- la notion de profondeur est suggérée par la mise en trait interrompu des barres situées à l'arrière plan, ainsi que la moitié arrière des barres paraissant fuyantes pour l'observateur,
- 15 • la longueur dessinée des côtés AB, A'B', CD et C'D' a été volontairement augmentée dans un rapport trois ou quatre par rapport à l'échelle du reste du dessin, de façon à en faciliter la lecture : dans la réalité, les guidons sont suffisamment courts pour que AB et CD logent entièrement à l'intérieur de cavités ménagées dans les "ailerons orientables" les accueillant.

20 L'angle d'orientation du volet (32), pivotant autour de son axe de rotation vertical (93), est commandé par l'angle de rotation de l'arbre vertical court (95). Ce dernier entraîne par son extrémité inférieure, par l'intermédiaire d'un limiteur de couple (non dessiné), un guidon menant AB (97) et l'axe de cet arbre est la médiatrice du segment AB.

25 Ce guidon menant (97) pivote autour de l'axe de l'arbre (95) avec un débattement angulaire symétrique identique à celui du volet (32), mais inversé. Le guidon menant (97) est muni à ses extrémités A et B d'articulations (96) et (98) qui entraînent les biellettes (103) et (99) d'accouplement au guidon mené horizontal A'B' (101). Ces biellettes ont même longueur (AA'=BB'). Elles sont connectées en A' et B' aux extrémités du guidon mené par les articulations (102) et (100). Le guidon mené (101) est directement solidaire du volet (32) et il pivote dans un plan horizontal (parallèle au plan XOY). Le guidon mené et le volet pivotent ensemble autour de l'axe vertical (93). Le segment A'B' admet l'axe (93) pour médiatrice et a même longueur que le segment AB. Le quadrilatère A-B-B'-A' est un quadrilatère plan situé dans un plan horizontal (parallèle au plan XOY) dont les côtés sont égaux deux à deux (AB=A'B' et AA'=BB'). De ce fait, l'angle de rotation communiqué par l'arbre (95) au volet (32) par ce mécanisme est bien égal en module, mais de signe opposé.

35 Le mécanisme à quadrilatère C-D-D'-C' en partie basse est analogue au précédent, sauf que le guidon mené (110) pivote dans un plan vertical (parallèle au plan XOZ), que ce quadrilatère est gauche et que les articulations d'extrémité des biellettes ne doivent plus seulement permettre une

rotation d'axe unique, mais permettre deux rotations d'axes orthogonaux.

L'angle d'orientation du volet (31), pivotant autour de son axe de rotation horizontal (92), est commandé par l'angle de rotation de l'arbre vertical long (104). Ce dernier est solidaire à sa partie inférieure, par l'intermédiaire d'un limiteur de couple (non dessiné), d'un guidon menant CD (106) et l'axe de l'arbre est médiatrice du segment CD. Ce guidon menant pivote autour de l'axe de l'arbre (104), avec un débattement angulaire d'amplitude égale (mais dans un plan perpendiculaire) à celui du volet (31). Le guidon menant (106) est muni à ses extrémités C et D d'articulations (105) et (107) qui entraînent les biellettes (112) et (108) d'accouplement au guidon mené C'D' (110), lequel est vertical à mi-course angulaire. Ces biellettes ont même longueur ($CC'=DD'$) et elles sont connectées en C' et D' aux extrémités du guidon mené par les articulations (111) et (109). Le guidon mené (110) est directement solidaire du volet (31) et il pivote dans un plan vertical parallèle au plan XOZ. Le guidon mené et le volet pivotent ensemble autour de l'axe horizontal (92). Le segment C'D' admet l'axe (92) pour médiatrice et a même longueur que le segment CD. Le quadrilatère C-D-D'-C' est un quadrilatère gauche aux côtés opposés CD et C'D' orthogonaux dont les côtés sont égaux deux à deux ($CD=C'D'$ et $CC'=DD'$). De ce fait, l'angle de rotation communiqué par l'arbre (104) au volet (31) par ce mécanisme est bien égal en module, mais dans un plan perpendiculaire.

Les Figures 46 à 51 sont des schémas illustrant la cinématique des quadrilatères articulés formés par les biellettes et les guidons représentés schématiquement sur la Figure 45, dans trois positions remarquables : volet non braqué d'une part et volet braqué au maximum d'un côté et de l'autre d'autre part. Les trois premières figures concernent la commande de volet supérieur (32) et les trois dernières concernent la commande du volet inférieur (31). Chacune de ces six figures comporte deux schémas à la même échelle, dessinés alignés l'un au-dessus de l'autre :

- le schéma supérieur montre, en vue de profil, "l'aileron orientable" avec son volet de bord de fuite et les guidons et biellettes (il s'agit d'une vue de dessus pour les trois premières figures et d'une vue depuis tribord pour les trois dernières),
- le schéma inférieur montre les deux biellettes avec leurs articulations d'extrémités schématisées par un simple point (il s'agit d'une vue depuis tribord pour les trois premières et d'une vue de dessus pour les trois dernières).

Sur le schéma supérieur de ces six figures, le guidon mené - qui est constitué de deux oreilles solidaires du volet - est symbolisée par deux courts traits épais attenants au profil du volet. Sur le schéma inférieur, les guidons ne sont pas représentés, sauf le guidon menant des trois dernières figures (symbolisé par un trait fin joignant les articulations situées à droite des figures).

Le nez de chaque volet comporte une saignée destinée à éviter la collision des biellettes avec le volet lorsque l'angle de braquage est important ; le fond de cette saignée est symbolisé par un trait pointillé en forme de "V" couché (bien visible sur les figures représentant le volet non braqué).

On remarque sur les schémas inférieurs des trois premières figures le léger décalage vertical des biellettes, qui leur permet de se croiser sans interférence.

Les Figures 52 et 53 montrent le mode de réalisation des articulations des têtes de bielles sur les

guidons en prenant pour exemple le cas de deux articulations du quadrilatère supérieur, en vue de dessus, manchons élastiques supposés coupés pour montrer l'intérieur.

Note : on a adopté ici l'hypothèse que chaque quadrilatère articulé avait une articulation à rotule réglable, mais ceci n'est pas indispensable (le réglage à vis peut en effet être au niveau du ressort ou même être absent et les huit rotules sont alors identiques au montage de la Figure 52).

5 L'articulation (96) est dessinée dans la position volet braqué vers tribord à 50% de l'angle maximum et inversement l'articulation (102) est dessinée dans la position volet braqué vers bâbord à 50% de l'angle maximum ; les positions de la bielle dessinées en traits fins correspondent aux braquages du volet en sens inverses, respectivement à 100% de l'angle maximum du volet vers
10 bâbord pour l'articulation (96) et à 50% de l'angle maximum vers tribord pour l'articulation (102).

Note : les deux dessins ont été tournés l'un par rapport à l'autre pour représenter les guidons toujours horizontaux par rapport à la feuille.

Chaque extrémité de la bielle (103) comporte un épaulement et un téton (118) se terminant par une
15 cuvette en forme de calotte sphérique. Cette cuvette roule sur une bille (119) de plus petit rayon, serties à l'extrémité du téton (120) de l'embase (121) à double épaulements ou (126) à épaulement d'un côté et vis de réglage de l'autre. Un manchon à soufflet (125) en matériau souple et élastique est emmanché à force sur les tétons en vis-à-vis, sur lesquels il est serré par des colliers à vis (non dessinés).

20 Dans le cas d'articulation à embase (121) non réglable, l'épaulement inférieur repose sur un lamage (122) réalisé sur la face aval du guidon (97). L'embase est immobilisée par encastrement (123) dans un alésage du guidon. L'axe de l'alésage et du lamage sont légèrement inclinés, de façon à coïncider avec l'axe de la bielle lorsqu'elle est en position moyenne.

25 Dans le cas d'articulation à embase (126) réglable, la queue de celle-ci constitue une vis (127) vissée dans un alésage taraudé (128) du guidon (101). La vis est bloquée par un contre-écrou (129) s'appuyant sur un lamage (130) ménagé sur la face aval du guidon. L'axe de l'alésage taraudé et du lamage sont légèrement inclinés, de façon à coïncider avec l'axe de la bielle lorsqu'elle est en position moyenne.

30 On remarque sur la bielle inclinée à 100% (en trait fin) de l'articulation (96) que le point de contact de la cuvette de la bielle avec la bille est encore loin du bord de la cuvette (garde anti-échappement) et que les bords des tétons sont encore loin de se toucher (garde anti-collision).

Le déplacement du point de contact de roulement entraîne une petite variation de distance entre contacts, ce qui entraînerait une compression variable dans la bielle s'il n'y avait pas l'élasticité du ressort du coulisseau de guidage de pied d'arbre de transmission. Cette variation de distance peut être diminuée en réduisant les rayons des billes, ceux des sphères des cuvettes, ainsi que ceux des
35 tétons portant les billes et les cuvettes et en traitant si nécessaire les surfaces roulantes pour augmenter leur dureté afin de résister durablement à l'augmentation de pression de contact.

Dans une variante non dessinée du mode de réalisation de l'articulation (102), le lamage et le contre-écrou sont situés du côté de la face amont du guidon (101).

6.5.4 - Dimensions et échantillonnages

Les principales caractéristiques de dimensionnement et d'échantillonnage de cet exemple, retenues pour un compromis équilibré des performances dans différents domaines, sont décrites ci-dessous.

- Chaque "aileron orientable" a un plan de forme rectangulaire qui mesure 90 cm d'envergure et 45 cm de corde. Le profil est un profil NACA 0018. L'épaisseur au maître-couple, située au tiers avant, est de 8 cm. Le centre de portance hydrodynamique est situé sur la corde du profil à environ 25% de distance du bord d'attaque, soit à 11,25 cm de ce bord. L'axe de rotation de l'aileron est placé légèrement en amont, à 9 cm du bord d'attaque, de manière à donner une compensation de 20% (rapport de la surface située en amont de l'axe de rotation à la surface totale).
- 10 "L'aileron orientable" est composé de deux parties assemblées avec un plan de joint perpendiculaire à l'axe de rotation, pieds de centrage et tirants à extrémités filetés et écrous freinés, de manière à permettre le montage des organes du mécanisme de commande de braquage de l'angle dièdre logés dans sa cavité interne (comme décrit précédemment au chapitre 6.5.3.a (p.63)). Cette cavité occasionne le cas échéant un léger renflement localisé (non dessiné) du profil hydrodynamique
- 15 pour assurer la continuité d'épaisseur de la paroi de l'aileron nécessaire à sa résistance mécanique.

- Une paire de roulements à rouleaux coniques montés en opposition assure le guidage en rotation et la butée axiale double de l'aileron par rapport à l'arbre fixe qui le porte. Cette paire est complétée par deux ou trois roulements à aiguilles sans bague interne, de manière à ce que chacune des deux parties de l'aileron soit guidée au voisinage immédiat de chacune de ses extrémités. Ces roulements
- 20 sont encastres à proximité de chaque bord latéral de chaque partie de l'aileron ; leur bague externe est logée dans un renflement localisé éventuel (non dessiné) du profil hydrodynamique de l'aileron.

- L'arbre portant ces roulements est en acier inoxydable et a un diamètre de 40 mm. Compte tenu d'un jeu radial de 2 mm entre l'arbre et la paroi de la lumière axiale de l'aileron prévue pour le passage de cet arbre, l'épaisseur minimum du revêtement composite en stratifié carbone-époxy de
- 25 "l'aileron orientable" s'établit à 18 mm de chaque côté de l'arbre, à son voisinage immédiat, et l'épaisseur de l'aileron atteint environ 76 mm juste en amont et juste en aval de cet arbre.

- Chaque volet a un plan de forme rectangulaire, de 90 cm d'envergure et de 12 cm de corde ; il pivote sur des roulements à aiguilles sans bague interne roulant sur son arbre de guidage qui est en acier inoxydable de 20 mm de diamètre. Ce dernier est solidaire des deux plaques (visibles sur la
- 30 Figure 42) fixées aux extrémités de "l'aileron orientable".

- Le fût du mât vertical (26) est une colonne en acier inoxydable, légèrement conique au-dessus de "l'aileron orientable" supérieur (29) ; la section située juste au dessus du roulement supérieur de cet aileron a un diamètre de 60 mm et celle située à l'extrémité supérieure du mât a un diamètre de 90 mm. La longueur du fût au-dessus de ce roulement est telle que le haut de "l'aileron orientable"
- 35 supérieur est situé à la même altitude, ou légèrement plus bas, que le sommet du "flotteur immergé" (1) lorsque l'assiette du bâtiment est horizontale.

6.6 - Système et équipements (Fig. 1 et 23 à 25)

Tous les capteurs et tous les actionneurs cités dans le présent chapitre 6.6 sont reliés au calculateur

électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire", soit directement, soit par l'intermédiaire d'un microcontrôleur satellite relié à ce calculateur.

- Les capteurs, calculateur électronique, microcontrôleurs éventuels et actionneurs cités dans ce chapitre sont d'un type courant, dont le choix relève de l'état de l'art en ingénierie des systèmes
- 5 mécaniques à commande numérique de position asservie par capteurs, actionneurs et logiciel temps réel exécuté par un calculateur électronique. Lorsque le choix de modèle requiert une vigilance renforcée sur une caractéristique particulière, cette contrainte sera mentionnée dans le texte.

- Dans cet exemple de voilier dit "de base", les signaux de mesure des capteurs et les signaux de commande des actionneurs sont acheminés par des câbles électriques blindés à paires de
- 10 conducteurs torsadés, chaque paire étant en outre blindée individuellement.

6.6.1 - Mesures d'accélération et de profondeur d'immersion

Chaque "flotteur auxiliaire" (3) comporte un double accéléromètre (6) qui mesure les composantes de l'accélération locale (voir Figure 24), d'une part parallèlement à l'axe OZ (direction verticale) et d'autre part parallèlement à l'axe OY (direction horizontale bâbord-tribord).

- 15 Les accéléromètres sont d'un type courant, choisis pour avoir une bande passante depuis le continu et une bonne sensibilité (environ 1 à 2 milli-g de sensibilité est recommandé). Ils doivent être soigneusement orientés, l'erreur angulaire entre chaque axe de mesure et la direction de l'axe de référence (OY ou OZ selon le cas) devant rester inférieure à environ cinq degrés.

- 20 Chaque "mât porte-ailerons orientables" (26) est muni d'un capteur de pression statique (voir Figures 24 et 25) pour la mesure de profondeur d'immersion locale. L'orifice de la sonde de pression (7) est situé sur le côté du "carénage pivotant" (45), près de sa base, de manière à rester toujours immergé dans les conditions normales de navigation. Les précautions nécessaires sont prises pour bien mesurer la pression statique, avec le minimum de pollution de la mesure par la
- 25 pression dynamique (qui dépend de la vitesse), comme décrit à la fin du troisième paragraphe et au quatrième paragraphe du chapitre 3.8.12.a (p.35) et en fonction des indications complémentaires qui seront données ci-après, deux paragraphes plus loin.

- La valeur moyenne de la pression relative à chaque capteur de pression statique est obtenue (selon deux variantes) soit par filtrage du signal analogique représentant la pression au travers d'un filtre
- 30 analogique passe-bas du premier ordre ayant une constante de temps d'environ 30 secondes, soit par filtrage équivalent par calcul numérique (par exemple par moyenne glissante avec relaxation exponentielle) effectué par le logiciel du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" en cas de signal de mesure digital (que ce signal soit émis ainsi par le capteur, ou soit transformé par un convertisseur analogique-digital connecté directement à sa sortie ou encore constituant une fonction intégrée d'un microcontrôleur placé en interface).

- 35 Chaque capteur de pression statique est constitué d'un capteur de pression d'un type courant, choisi en fonction de la gamme de valeurs à mesurer, relié par une fine canalisation à l'orifice de la sonde, situé au point (7). Des précautions doivent toutefois être prises pour bien mesurer la pression statique de l'eau, sans pollution excessive par la pression dynamique. Pour cela, chaque capteur de pression statique est par exemple (non limitatif) relié par une petite canalisation à un très petit

orifice, ou mieux à une série de très petits orifices alignés verticalement, percés bien perpendiculairement et sans bavures dans la paroi orientée parallèlement à la direction de la vitesse de l'eau. Le cas échéant, pour améliorer la précision de mesure, un capteur de pression dynamique est ajouté au bord d'attaque du "carénage pivotant" et leurs orifices sont rigoureusement à la même altitude ; ce capteur est réalisé de la même manière, sauf que son ou ses orifices sont situés sur une paroi orientée face au courant, vers l'amont ; la mesure de pression dynamique est alors utilisée pour corriger les indications du capteur de pression statique au moyen d'un calcul en temps réel prenant en compte un étalonnage préalablement réalisé lors d'une campagne d'essais initiale.

Les mesures d'accélération sont utilisées par le logiciel exécuté par le calculateur électronique (43) du "contrôleur d'assiette et de trajectoire", situé dans l'habitacle de la "plate-forme habitable", pour calculer les mouvements du bâtiment de la manière suivante :

- Les deux composantes de la vitesse de translation du bâtiment selon les directions des axes OY et OZ et les trois composantes de sa vitesse de rotation dans l'espace autour d'axes de directions parallèles aux axes OX, OY et OZ sont obtenues en intégrant une première fois les accélérations par rapport au temps, au moyen d'un calcul numérique d'intégration.
- Les déplacements du bâtiment selon les axes OY et OZ et les évolutions de son orientation dans l'espace (trois angles) sont obtenus en intégrant les composantes de vitesse précitées par le même procédé de calcul (qui comporte donc deux passes d'intégration successives).

Les mesures de profondeur précitées, dont les fluctuations rapides au passage des vagues sont énergiquement atténuées par des filtres passe-bas (analogiques ou digitaux) décrits précédemment, sont utilisées par le logiciel pour recalculer les valeurs calculées de hauteur du bâtiment par rapport au plan horizontal moyen de la surface de l'eau extérieure, afin de corriger le phénomène de dérive progressive des résultats d'intégration numérique au fil du temps ; les hauteurs recalculées sont utilisées pour le calcul des angles d'inclinaison du bâtiment autour de l'axe OX (gîte vers bâbord ou vers tribord) et autour de l'axe OY (inclinaison vers l'arrière ou vers l'avant).

L'angle de rotation autour de l'axe OZ (à composante à variation cyclique d'angle de cap due au passage des vagues) est recalculé de façon similaire à l'aide de la mesure du cap fournie par le compas magnétique, filtrée par un filtre passe-bas du premier ordre à constante de temps de l'ordre de 30 s.

Selon trois variantes, le recalage des doubles intégrations des accélérations selon la direction de l'axe OY : soit n'est pas réalisé, soit est réalisé avec précision par couplage au calculateur électronique d'un récepteur de positionnement radio précis (par exemple un système de navigation par satellites comme le GPS), soit est réalisée de façon approximative par un calcul de dérive estimée par rapport à l'eau effectué par le logiciel par interpolation dans des tables enregistrées établies au cours de campagnes d'étalonnage, tables donnant la dérive du bâtiment par rapport à l'eau en fonction des direction et vitesse du vent apparent, des voiles en service, de la vitesse du bâtiment par rapport à l'eau, ainsi que de l'état de la mer, ce dernier étant quantifié par algorithme d'analyse statistique de l'historique récent des mesures de pression statique des capteurs (7).

La connaissance de valeurs sûres en altitude, en inclinaisons (transversale et avant/arrière), en accélérations selon les directions des axes OY et OZ, ainsi le cas échéant qu'en dérive estimée ou

mesurée, permet au logiciel de déterminer les ordres à envoyer aux servocommandes de réglage des angles dièdres entre volets de bord de fuite et "ailerons orientables", ainsi que - lorsque nécessaire - les ordres à envoyer au dispositif d'asservissement de répartition de la masse d'eau d'équilibrage entre compartiments ballasts (4) par motopompes électriques.

- 5 Principe des recalages : Le recalage de hauteur par logiciel consiste à corriger, à chaque cycle de rafraîchissement, chaque hauteur théorique d'un capteur de profondeur obtenue à partir des calculs d'intégration et des recalages antérieurs, en lui ajoutant une proportion fixée de la différence entre la hauteur moyenne effective, connue à partir d'un calcul de moyenne glissante avec relaxation exponentielle effectué sur les récentes mesures de pression statique de ce capteur, et cette hauteur
- 10 théorique. Le recalage de rotation autour de l'axe OZ est analogue, en utilisant la mesure filtrée par filtre passe-bas de l'angle de cap du compas magnétique au lieu de la pression statique.

6.6.2 - Mesure de la direction du courant en amont du flotteur immergé

- La poutre avant (33) porte (voir Figure 23), à l'extrémité inférieure d'un mât vertical (37) plongeant dans l'eau extérieure, une "girouette hydraulique" (35) à pivot horizontal, munie d'un capteur
- 15 angulaire pour la mesure de l'angle de la direction de la vitesse de l'eau extérieure avec le plan XOY et une girouette analogue (36) à pivot vertical, pour la mesure de l'angle avec le plan XOZ.

- La tête de ce mât (37) est reliée à la poutre avant (33) par une charnière de sécurité, d'axe parallèle à l'axe OY, à butée mécanique vers l'amont et à limitation d'effort vers l'aval par fermeture magnétique conforme à la description donnée au chapitre 3.8.7.c (p.28) ; cette liaison sera décrite
- 20 plus loin en détail pour le second exemple au chapitre 7.2 (p.83) et correspond aux Figures 56-57.

Ce mât (37) est placé d'une part de façon que les "girouettes hydrauliques" soient au plus près de l'axe du "flotteur immergé" (1) et d'autre part à une distance de son nez d'au moins 10% de la longueur du flotteur et telle que ce mât puisse se relever sans que ni lui-même ni les "girouettes hydrauliques" ne heurtent le nez du flotteur en cas de relèvement du mât.

- 25 Le mât vertical (37) est constitué d'une colonne d'acier inoxydable de 40 mm de diamètre en pied et de 60 mm de diamètre en tête, muni d'un "carénage pivotant" (45) analogue à ceux des "pylônes porteurs" (16) mais de section horizontale plus faible.

- Les "girouettes hydrauliques" (35) et (36) sont construites en matériau composite stratifié en tissu de carbone et résine époxy et leur pivot est monté sur roulements en matériaux supportant
- 30 l'immersion. Ces roulements sont protégés de l'intrusion de particules étrangères par des joints d'étanchéité tournants. Les répartitions de masses, rigidités et amortissements sont prévues pour interdire la naissance de vibrations d'amplitude significative sous l'effet des sollicitations mécaniques résultant de l'écoulement rapide de l'eau extérieure autour des parties immergées.

- Les équipements électroniques immergés de ces girouettes sont protégés dans un carter étanche
- 35 profilé qui est relié au réseau à atmosphère contrôlée réalisé comme décrit aux trois derniers paragraphes du chapitre 3.8.12.b (p.36) au moyen de canalisations longeant le mât (37) par une lumière du "carénage pivotant" comme décrit aux chapitres 3.8.3.d (p.22) et 6.3 (p.56) et l'étanchéité des traversées de paroi du carter par les arbres d'entraînement des capteurs angulaires est assurée par les dispositifs décrits à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.11 (p.33).

Les capteurs angulaires des girouettes sont d'un type courant, choisi pour leur absence de risque de perte de repère (par exemple du type à codage absolu) et pour une résolution suffisante ; la résolution minimum recommandée est de l'ordre du demi-degré.

Les mesures de direction du courant sur l'avant fournies par les capteurs de ces "girouettes hydrauliques" sont utilisées par le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" auquel ils sont reliés pour calculer, une fraction de seconde à l'avance, l'estimation des efforts hydrodynamiques transversaux (composantes verticale et bâbord-tribord) qui vont s'exercer sur le "flotteur immergé" (1). Ce dernier est considéré dans les calculs comme composé de plusieurs tronçons mitoyens pour prendre en compte la répartition le long de l'axe du flotteur des efforts parasites imminents afin de pouvoir les exprimer synthétiquement en directions et intensités de la force et du couple résultants qui vont s'exercer sur le "flotteur immergé".

Ces informations contribuent à la détermination par le logiciel des ordres à envoyer aux actionneurs de réglage des angles dièdres entre le plan moyen des "ailerons orientables" et celui de leur volet de bord de fuite, ainsi le cas échéant qu'aux actionneurs du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles". Cette prévision des efforts déstabilisants imminents sur le "flotteur immergé", dont l'évolution est généralement prédominante par rapport aux autres sources d'efforts parasites du fait de sa rapidité, permet une commande en légère avance de phase des actionneurs, ce qui corrige en partie l'inconvénient du temps de réponse des asservissements de stabilisation d'altitude et d'assiette du bâtiment par effet de portance hydrodynamique des "ailerons orientables".

20 6.6.3 - Autres mesures

La direction et la vitesse du vent apparent sont mesurées (voir Figure 1) par une girouette anémométrique (39) située en tête du mât (18), d'un type courant mais choisi avec de bonnes performances en précision de mesure et en temps de réponse.

La vitesse du bâtiment est mesurée par un loch-speedomètre (40) situé sur la paroi du "flotteur immergé" (1), d'un type courant (voir Figure 23).

L'orientation du bâtiment est mesurée par un compas magnétique (41) situé dans la "plate-forme habitable" (2), d'un type courant mais choisi de bonne précision.

Les angles de rotation des trois tambours (10) des dispositifs (9) de réglage des écoutes (22) et (23) - cette dernière est double - sont mesurés par des capteurs angulaires fiables d'un type courant (par exemple à codage absolu) offrant une résolution de mesure d'au moins un demi-degré.

La hauteur d'eau libre sous le bâtiment est éventuellement mesurée (voir Figure 23) par un sondeur sous-marin à ultrasons (42) situé sur le dessous du "flotteur immergé" (1) d'un type courant, mais choisi pour sa fiabilité. Cette mesure est obligatoire lorsque le bâtiment est muni d'une fonction logicielle facultative (mais fortement recommandée) pour naviguer par très faible profondeur d'eau avec arrêt automatique en cas de profondeur devenant dangereusement faible (cette fonction est décrite dans ce chapitre, quelques paragraphes plus loin).

Les mesures issues de ces capteurs sont utilisées, sauf certaines pendant le "régime vitesse lente ou arrêt", par le logiciel du calculateur électronique (43) du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" :

- celle provenant de la girouette anémométrique pour calculer les efforts exercés sur les voiles et les superstructures du bâtiment,
 - celles provenant du loch-speedomètre pour calculer notamment le ratio portance/incidence des "ailerons orientables" (27), (29) et les efforts hydrodynamiques sur le "flotteur immergé" (1),
 - 5 • celle provenant du compas magnétique pour connaître l'écart entre cap effectif et cap nominal,
 - celles provenant des capteurs angulaires des tambours (10) des régulateurs (9) de tension d'écoute pour calculer l'orientation des voiles et en déduire les efforts sur celles-ci,
- afin de prendre en compte ces éléments dans la détermination des ordres à envoyer :
- aux actionneurs de réglage des angles dièdres entre plans moyens des "ailerons orientables" et
 - 10 leur volet associé,
 - aux motopompes électriques et électrovannes du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" pour modifier si besoin la répartition de la masse d'eau d'équilibrage entre les compartiments-ballasts (4),
 - aux moteurs pas à pas réglant les écoutes de voiles par l'angle de rotation des tambours (10).
- 15 L'éventuel sondeur sous-marin à ultrasons (42) est relié à une alarme sonore pour alerter l'équipage en cas de remontée du fond au-dessus d'un seuil pré-réglé. Il est en outre relié le cas échéant au calculateur électronique (43) du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" dont le logiciel comporte alors le cas échéant une fonction (facultative, mais fortement recommandée) prévue pour :
- interdire automatiquement le "régime vitesse rapide" lorsque la distance au fond est inférieure à
 - 20 deux fois la longueur du "flotteur immergé", par déclenchement automatique de "l'amerrissage" (dièdres "ailerons orientables" - volets placés en position neutre et remplissage du réservoir de tare réglable (17)), aussitôt que la limite est franchie,
 - suspendre automatiquement la propulsion lorsque la profondeur d'eau sous le "flotteur immergé" est inférieure à la longueur de ce dernier et qu'en même temps le rapport de la vitesse
 - 25 du bâtiment mesurée par le loch-speedomètre à la profondeur mesurée par le sondeur dépasse un seuil d'alerte donné (par exemple 0,1 nœud maximum par mètre de profondeur).
- Le largage automatique d'écoutes pour l'arrêt d'urgence de la propulsion éolienne est réalisé (voir Figure 38) par neutralisation rapide des vérins pneumatiques (70) des dispositifs (9) régulateurs de tension d'écoute au moyen de la commande simultanée de fermeture des électrovannes d'isolement
- 30 des réservoirs d'air comprimé (72) placées sur les canalisations (71) et d'ouverture des électrovannes de mise à l'air libre des chambres de vérins (78) prévues à cet effet (ces électrovannes ne sont pas dessinées sur la Figure 38) et par la commande simultanée des rotations adéquates des moteurs pas à pas solidaires des tambours (10) des dispositifs régulateurs (9). Ces électrovannes sont de type courant, choisies pour un temps de réponse inférieur à une seconde.
- 35 En outre, chaque réservoir du "dispositif de tare réglable" (17) et du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" (4) est muni d'un capteur du niveau de l'eau qu'il contient et chaque électrovanne est éventuellement munie d'un capteur pour la confirmation de la position de son organe mobile.

Ces capteurs sont de types courants. Ils sont aussi reliés au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire".

6.6.4 - Calculateur, liaisons et interfaces - réseaux d'enceintes à atmosphère contrôlée

Le calculateur électronique (43) retenu, de type courant, est un ordinateur puissant du commerce de type "PC" (indifféremment portable ou de bureau), par exemple muni d'un microprocesseur 32 bits, à fréquence d'horloge d'au moins 2 GHz (comme un "Pentium IV" © produit par la société "Intel" ©), à taille de mémoire vive d'au moins 512 méga-octets, muni d'une mémoire morte d'au moins 10 Giga-octets et d'une interface de communication à débit suffisant (comme un port USB), afin de rafraîchir les mesures et les ordres 20 fois par seconde avec une résolution suffisante ; le clavier et l'écran du PC servent d'interface de dialogue entre l'équipage et le logiciel.

Ce calculateur électronique (43) du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" est relié par câbles électriques blindés à paires torsadées individuellement blindées aux cartes électroniques d'interface placées au voisinage des capteurs, notamment : accéléromètres (6), profondimètres (7) (voir figures 24 et 25), "girouettes hydrauliques" (35) et (36) (voir figure 23), girouette anémométrique (39) (voir figure 1), loch-speedomètre (40), compas magnétique (41) et sondeur sous-marin (42) (voir figure 23), capteurs de niveau d'eau dans les réservoirs (17) du "dispositif de tare réglable" et (4) du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" et capteurs angulaires des tambours (10) des écoutes.

Ce calculateur électronique (43) est également relié par câbles de même type aux cartes électroniques d'interface placées au voisinage des actionneurs : actionneurs réglant les angles dièdres des plans moyens des "ailerons orientables" (27) et (29) avec les plans moyens de leurs volets de bord de fuite associés respectifs (31) et (32), motopompes électriques et électrovannes du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" par transfert d'eau entre réservoirs (4) ainsi que moteurs pas-à-pas couplés aux tambours (10) des dispositifs (9) de réglage des écoutes (22) et (23).

Les composants particuliers utilisés pour certaines cartes électroniques (disponibles en 2003 auprès de leurs producteurs, ainsi que la documentation technique associée) sont notamment les suivants :

- comme double accéléromètre (à deux axes de mesure perpendiculaires) : le circuit intégré "ADXL 202E" ©, composant électronique produit par la société "Analog Devices" © (adresse Internet : www.analog.com).
- comme microcontrôleur : le circuit intégré "PIC 16C 774 JW" ©, composant électronique produit par la société "Microchip" © (adresse Internet : www.microchip.com). Ce microcontrôleur offre notamment comme particularités de comporter un émetteur-récepteur pour communication série, un grand nombre de lignes d'entrée-sortie, plusieurs convertisseurs analogique-digital et la possibilité de reprogrammation in situ par signaux électriques.
- comme interfaces TTL-infrarouge de transmission de signaux digitaux par fibre optique jusqu'à 40 Kbits/s : l'émetteur "HFBR-1523" © et le récepteur "HFBR-2523" ©, composants électroniques produits par la société "Agilent Technologies" © (adresse Internet : www.agilent.com). *Note : l'usage de fibres optiques concerne surtout le voilier de grande croisière de 10 m décrit comme deuxième exemple, au chapitre 7 (p.82).*

Une carte électronique spécifique fait office de concentrateur et d'adaptateur à l'un des types d'interfaces d'accès standards au calculateur (par exemple un port USB). Tous les fils sous câble blindé de réception de signaux de mesure des capteurs et d'envoi d'ordres aux actionneurs aboutissent à cette carte concentrateur. Elle est par exemple munie d'un microcontrôleur "PIC 16C 5 774 JW" © et elle comporte une liaison électrique directe avec le calculateur principal ; cette carte est soit intégrée dans le boîtier du calculateur (par exemple s'il s'agit d'un ordinateur de type "desktop") et elle communique alors par le bus interne de l'ordinateur (par exemple le bus PCI), ou bien cette carte est externe et elle est alors reliée par liaison externe à l'ordinateur (par exemple par liaison série RS232 à 155 Kbits/s ou encore par bus USB) ; si elle n'est pas intégrée, cette carte est 10 néanmoins placée dans la même enceinte à atmosphère contrôlée que le calculateur.

Conformément à la description donnée à l'avant-avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.12.b (p.36), le calculateur électronique, les platines électroniques d'interface et la partie électrique des capteurs et actionneurs sont isolés de l'humidité ambiante en étant placés dans deux réseaux à atmosphère contrôlée constitués de boîtiers étanches reliés entre eux par des canalisations qui leur 15 sont raccordées de façon étanche et dans lesquelles passent les câbles reliant les équipements logés dans ces réseaux. Le réseau contenant le calculateur est à pression ambiante, ou à très faible surpression. L'autre réseau est fortement pressurisé et il comporte un manomètre et une alarme sonore avertissent l'équipage en cas de baisse de pression en dessous d'un seuil prédéfini.

Note : les platines électroniques d'interface, les câbles de transmission de données, les réseaux 20 d'enceintes à atmosphère contrôlée et les actionneurs ne sont pas représentés sur les figures.

6.6.5 - Hélice immergée et groupe électrique tournant

Une "hélice immergée" (44) d'axe parallèle à l'axe OX (voir Figure 23) est située à l'arrière du "flotteur immergé" (1) et est solidaire en rotation, par l'intermédiaire d'un mécanisme de transmission, d'une machine tournante électrique située dans un compartiment étanche de ce 25 flotteur (ces éléments internes au flotteur ne sont pas dessinés sur les figures). Cette transmission comporte un arbre tournant traversant la paroi du "flotteur immergé" qui est muni de deux joints d'étanchéité tournants avec bain d'huile pressurisé intercalaire et reniflard dans le compartiment sous le joint interne, comme décrit au second paragraphe du chapitre 3.8.11 (p.33).

Cette machine tournante électrique, d'un type courant, fonctionne en génératrice pour l'alimentation 30 électrique des capteurs, des actionneurs et des équipements électroniques du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" lorsque le bâtiment *navigue*. Elle fonctionne en moteur auxiliaire alimenté sur batterie lors de brèves manœuvres, par exemple en zone portuaire ou lors des prises de mouillage.

Une trappe étanche pour l'accès au compartiment machines du "flotteur immergé" est prévue dans la paroi de ce dernier pour les opérations d'entretien ou de maintenance en cale sèche, 35 conformément à la description donnée au cinquième paragraphe du chapitre 3.8.1 (p.18) et l'étanchéité de cette trappe est surveillée par le dispositif décrit au chapitre 3.8.11 (p.33).

6.7 - Calculs effectués par le contrôleur d'assiette et de trajectoire (Fig. 1)

Le calculateur électronique (43) du "contrôleur d'assiette et de trajectoire", à partir des mesures des

capteurs précités, effectue principalement le calcul de la position et de l'orientation spatiale du bâtiment, le calcul de la composante du couple de chavirement résultant de la gîte combinée au poids du bâtiment et à la poussée d'Archimède du "flotteur immergé" (1), ainsi que le calcul prédictif sur un horizon de quelques dixièmes de secondes (selon la vitesse du bâtiment) des efforts hydrodynamiques transversaux parasites imminents sur ce "flotteur immergé", ainsi que les efforts éoliens sur la voilure et les superstructures émergées, puis il commande les actionneurs de réglage d'angle dièdre des volets (31) et (32) avec leurs "ailerons orientables" (27) et (29) et si besoin les actionneurs de répartition des masses d'eau entre compartiments-ballasts (4) de façon à obtenir les efforts requis pour l'équilibrage du bâtiment et sa stabilisation à l'assiette horizontale, à l'altitude nominale (surface de l'eau extérieure située en moyenne à mi-hauteur entre le point le plus haut du "flotteur immergé" et le point le plus bas de la "plate-forme habitable") et au cap nominal.

6.7.1 - Boucle principale du logiciel du calculateur électronique

Sauf dans le "régime vitesse lente ou arrêt", le logiciel exécute en permanence un algorithme en boucle sur la séquence d'opérations suivantes (les ordres de saut et les étiquettes sont en gras) :

- 15 1 - **"Début"** : si passage en "régime vitesse lente ou arrêt" demandé, aller à **"Arrêt"**,
- 2 - Sinon, vérifier la distance de sécurité au fond et si trop faible aller à **"Arrêt d'urgence"**,
- 3 - Sinon, calculer les paramètres d'état actuels du bâtiment et le couple dû à la pesanteur,
- 4 - Calculer les forces déstabilisantes imminentes (du vent, du courant sur "flotteur immergé"),
- 5 - Calculer la résultante de force et la résultante de couple stabilisateurs requis,
- 20 6 - Calculer la répartition des contributions élémentaires requises des dispositifs stabilisateurs,
- 7 - Calculer les positions requises des dispositifs pour obtenir ces contributions élémentaires,
- 8 - Emettre les ordres de positionnement, le cas échéant après correction d'amplitude ou phase,
- 9 - Tant que le bâtiment n'est pas en "régime vitesse lente ou arrêt", retourner à **"Début"**,
- 10 - **"Arrêt d'urgence"** : commander le largage d'écoutes (électrovannes, moteurs pas-à-pas),
- 25 11 - **"Arrêt"** : commander la mise au neutre des ailerons et le remplissage max. de la tare (17),
- 12 - Fin.

Cette boucle de calcul (et le rafraîchissement des commandes en découlant) est répétée à une fréquence élevée par rapport au rythme des événements perturbateurs (vagues notamment) et à la constante de temps de perte d'équilibre du bâtiment (fonction notamment de son inertie et de la distance d'application des forces perturbatrices par rapport au centre d'inertie du bâtiment. Une fréquence minimale de rafraîchissement de 10 Hz est recommandée.

6.7.2 - Principe du calcul de position et d'orientation (cas exemple : trois bras)

On décrit ci-dessous le principe du calcul de position et d'orientation d'un bâtiment à trois "bras rayonnants" portant en extrémité deux accéléromètres pour l'accélération verticale (direction de l'axe OZ) et pour l'accélération horizontale transversale (direction de l'axe OY), comme aux Figures 16 à 18. La limitation à trois bras permet une description plus concise (et le passage à

quatre bras est immédiat).

- Les principales variables des calculs de position et d'orientation sont recensées dans le tableau suivant. Leur nom est constitué d'un préfixe mnémotechnique désignant le type de grandeur concernée et d'un suffixe mnémotechnique désignant la localisation du capteur correspondant. Ces préfixes et suffixes sont répertoriés entre parenthèses en tête de colonne et sur chaque ligne.

Grandeur + préfixe :	Localisation capteur → / suffixe localisation →		Avant tribord (AvTri)	Avant bâbord (AvBab)	Arrière (Arr)
10	Accélération linéaire selon OY	(ALy)	ALy_AvTri	ALy_AvBab	ALy_Arr
	Dérive théorique de l'accéléromètre selon OY	(DT)	DT_AvTri	DT_AvBab	DT_Arr
	Accélération linéaire selon OZ	(ALz)	ALz_AvTri	ALz_AvBab	ALz_Arr
	Hauteur théorique calculée de l'accéléromètre	(HT)	HT_AvTri	HT_AvBab	HT_Arr
	Pression statique instantanée mesurée	(PI)	PI_AvTri	PI_AvBab	PI_Arr
15	Hauteur moyenne calculée de la sonde de pression (<i>calcul par relaxation exponentielle</i>)	(HM)	HM_AvTri	HM_AvBab	HM_Arr
	Hauteur recalée de l'accéléromètre	(HR)	HR_AvTri	HR_AvBab	HR_Arr

Pour chacun des trois capteurs d'accélération linéaire horizontale, deux intégrations successives par rapport au temps de ses mesures ALy... permet de connaître sa dérive théorique DT... dans la direction de l'axe OY.

- 20 Pour chacun des trois capteurs d'accélération linéaire verticale, deux intégrations successives par rapport au temps de ses mesures ALz... permet de connaître sa hauteur théorique HT... dans la direction de l'axe OZ.

- 25 Pour chacun des trois capteurs de pression statique instantanée, la moyenne glissante calculée par relaxation exponentielle sur ses mesures récentes permet de connaître la pression statique moyenne locale, d'où la profondeur d'immersion moyenne du capteur, puis la hauteur moyenne HM... de l'accéléromètre vertical le plus proche de ce capteur en tenant compte de leur distance verticale.

- 30 Pour chaque couple de capteurs voisins mesurant l'accélération verticale et la pression statique, la hauteur recalée HR... de l'accéléromètre s'obtient en remplaçant chaque HT... à chaque boucle de calcul par : $HT... + K * [(HM... + D) - HT...]$ où D est la dénivellation des deux capteurs et K est un facteur numérique tel que la constante de temps du recalage soit d'environ une minute (pour une fréquence d'itération de la boucle de 20 Hz, la valeur de K de l'ordre de 0,001).

- 35 Connaissant la hauteur recalée HR... des trois accéléromètres verticaux par rapport au niveau moyen de l'eau et connaissant leur position géométrique par rapport au point O, fixée par leur implantation sur le bâtiment, le calcul des angles d'inclinaison de ce dernier par rapport aux axes OX (gîte vers bâbord ou vers tribord) et OY (inclinaison vers l'arrière ou vers l'avant) est immédiat,

grâce à des formules de trigonométrie simples.

- Connaissant les dérives latérales théoriques $DT_{...}$ des accéléromètres horizontaux et leur géométrie d'implantation sur la structure, le calcul de la rotation parasite théorique autour de l'axe Z (évolution de cap) est également immédiat, grâce à des formules de trigonométrie simples. Le logiciel recalc cet angle par un procédé semblable au précédent, avec une constante de temps de relaxation de l'ordre de une minute, mais en prenant comme valeur de référence le cap donné par le compas magnétique, filtré par un filtre passe-bas à constante de temps de l'ordre de 10 secondes.

6.8 - Divers (Fig. 26 à 34)

6.8.1 - Représentation d'ensemble en trois vues

- Les Figures 26 à 28 montrent le voilier représenté schématiquement en vue de l'avant, vue de tribord et vue de dessus. Le niveau de la surface de l'eau est représenté sur les Figures 26 et 27 pour le "régime vitesse rapide" et en l'absence de vagues.

- Les perches (38) de l'avant représentées sur les Figures 27 et 28 (mais pas sur la Figure 26 pour cause de lisibilité) n'existent pas sur l'exemple du "voilier de base" décrit dans le présent chapitre 6 (ces perches, destinées au support de sonars aériens pour l'évitement des plus hautes vagues, sont par contre présentes dans l'exemple "voilier de grande croisière" décrit au chapitre 7 (p.82)).

6.8.2 - Zone arrière de la plate-forme habitable

- La Figure 29, qui montre la zone arrière de la "plate-forme habitable" (2) est un agrandissement partiel de la Figure 28 : on y voit certains éléments classiques d'un voilier de plaisance : un cockpit muni de bancs longitudinaux latéraux, situé en arrière d'un rouf longé par des passavants. On y voit d'autre part la naissance des "bras rayonnants" de l'arrière (24) et l'extrémité arrière du "flotteur immergé" (1) ainsi que "l'hélice immergée" (44). Pour la lisibilité, les parties cachées sous la "plate-forme habitable" (2), le brin non tendu de l'écoute (23) et les haubans (47) ne sont pas représentés.

6.8.3 - Loi du rappel vertical par force d'Archimède

La Figure 30 montre, en vue de l'avant :

- les hauteurs respectives du "flotteur immergé" (1), du point bas de la "plate-forme habitable", des "flotteurs auxiliaires" (3), des "ailerons orientables" (27) et (29) et de la sonde de pression statique de chaque profondimètre (7),
 - le niveau moyen de la surface de l'eau extérieure en absence de vagues, lorsque le bâtiment est en "régime vitesse lente ou arrêt" (lest (17) rempli au maximum, le bâtiment étant bas sur l'eau et les "flotteurs auxiliaires" (3) s'enfonçant partiellement dans l'eau),
 - différentes hauteurs d'eau remarquables en "régime vitesse rapide" et en l'absence de vagues (remplissage du lest (17) correctement ajusté en fonction des charges embarquées à bord) :
- Niveau moyen nominal (situé au milieu de la garde verticale entre "flotteur immergé" et

"plate-forme habitable"),

- Niveau minimum théorique (repère "mini.th.") et niveau maximum théorique (repère "maxi.théo."), respectivement tangents au "flotteur immergé" et à la "plate-forme habitable",
- 5 - Niveau minimum pratique (repère ("mini.prat.") et niveau maximum pratique (repère "maxi.prat.") ; la dénivelée entre les niveaux pratiques est de l'ordre de 75% de la dénivelée entre les niveaux théoriques, en prenant une marge de sécurité de 25%,
- pour le "régime vitesse rapide" et en l'absence de vagues, le diagramme d'excès de flottabilité qui exerce sur le bâtiment une force de rappel verticale vers l'altitude moyenne, en fonction du
- 10 niveau de la surface de l'eau extérieure. Le tracé de la courbe du diagramme est approximatif, ayant pour seul but de montrer l'allure générale du phénomène, sans entrer dans les détails. Un excès de flottabilité - flèche du diagramme orientée vers la droite - tend à l'émergence du bâtiment, une insuffisance - flèche orientée vers la gauche - tend à enfoncer le bâtiment. Cette variation est due à la variation de la poussée d'Archimède en fonction du volume des parties
- 15 immergées du bâtiment. Le niveau moyen de la surface de l'eau extérieure en "régime vitesse rapide" est situé, grâce au réglage correct du degré de remplissage du compartiment-ballast du "dispositif à tare réglable" (17), à mi-hauteur entre le point le plus haut du "flotteur immergé" (1) et le point le plus bas de la "plate-forme habitable" (2).

20 Ce diagramme montre que, tant que l'axe OZ reste vertical, l'équilibre vertical du bâtiment est à peu près indifférent à la hauteur de l'eau extérieure par effet de poussée d'Archimède tant que cette hauteur reste comprise entre les niveaux appelés "minimum théorique" et "maximum théorique". Ceci reste vrai en présence de vagues, tant que les plus hautes crêtes de vagues et les plus profonds creux de vagues restent compris entre les niveaux minimum et maximum théoriques précités.

6.8.4 - Schémas d'attitudes remarquables

- 25 Ce même voilier est montré schématiquement sur les Figures 31 à 34, en l'absence de vagues (un trait horizontal représente la surface de l'eau), dans plusieurs situations remarquables d'assiette incorrecte (semi-critiques ou critiques) du point de vue du maintien du "régime vitesse rapide".

Dans le présent chapitre 6.8.4, le repère orthogonal [O-XYZ] représenté sur ces figures, lié au bâtiment, est centré sur le centre de poussée d'Archimède du "flotteur immergé" (1), l'axe OX est

30 l'axe longitudinal de ce flotteur, l'axe OY est normal au plan vertical de symétrie du bâtiment et l'axe OZ est perpendiculaire aux axes OX et OY.

L'axe V dessiné sur ces figures représente la verticale du lieu géographique au point O. L'angle de gîte latérale α et l'angle de gîte longitudinale β du bâtiment sont comptés, dans le plan de la figure correspondante, entre la projection de l'axe V et celle de l'axe OZ.

- 35 • Figure 31 : Le bâtiment est en "régime vitesse rapide", à l'altitude nominale, mais avec l'angle (α_1) de gîte latérale maximum vers bâbord. Pour un angle de gîte supérieur à (α_1), un ou deux "flotteurs auxiliaires" (3) à bâbord toucheraient l'eau et les "ailerons orientables" supérieurs

(29) à tribord commenceraient à caviter, puis à émerger. Cela provoquerait respectivement une traînée tendant à faire pivoter le bâtiment vers bâbord et une perte de portance tendant à le faire dérapier vers bâbord. Ces phénomènes parasites risqueraient de compromettre le maintien du "régime vitesse rapide" (situation semi-critique).

- 5 • Figure 32 : Le bâtiment est en "régime vitesse rapide", accidentellement à l'altitude maximum et avec l'angle de gîte maximum ($\alpha 2$) au delà duquel le "flotteur immergé" (1) commencerait à ne plus être totalement immergé et à découvrir et/ou un ou deux "flotteurs auxiliaires" (3) de bâbord commenceraient à s'enfoncer dans l'eau et en outre les deux "ailerons orientables" supérieurs de tribord (29) seraient presque totalement émergés et les deux "ailerons orientables" inférieurs de tribord (27) commenceraient à caviter et seraient sur le point d'émerger. Cela provoquerait respectivement un rappel vers le bas du bâtiment très rapidement croissant avec son altitude, un coup de frein sur bâbord tendant à faire pivoter le bâtiment vers bâbord, un dérapage vers bâbord, puis une brutale et totale perte de portance verticale des "ailerons orientables" inférieurs (27) de tribord entraînant une brusque augmentation de la gîte vers bâbord et un appui prononcé des "flotteurs auxiliaires" (3) de bâbord, accélérant le pivotement vers bâbord. Ces phénomènes parasites compromettrait avec une forte probabilité le maintien du "régime vitesse rapide" (situation critique à éviter impérativement).
- 10
- 15
- Figure 33 : Le bâtiment est en "régime vitesse rapide", à l'altitude nominale, mais avec une gîte vers l'avant maximum ($\beta 1$) au delà de laquelle un ou deux "flotteurs auxiliaires" (3) de l'avant commenceraient à s'enfoncer dans l'eau, où l'incidence et la portance hydrodynamique vers le bas du "flotteur immergé" (1) ne sont plus négligeables et où les "ailerons orientables" supérieurs (29) de l'arrière sont sur le point d'émerger. Ces phénomènes parasites entraînent un freinage du bâtiment (le second par obligation de solliciter davantage les "ailerons orientables" inférieurs (27) de l'avant pour le compenser, d'où une traînée accrue), et un début de perte de capacité d'efforts de stabilisation horizontale des "ailerons orientables" supérieurs (29) de l'arrière. Ce freinage et cette perte de capacité de stabilisation risquent de compromettre le maintien du cap et du "régime vitesse rapide" (situation semi-critique).
- 20
- 25
- Figure 34 : Le bâtiment est en "régime vitesse rapide", accidentellement à l'altitude maximum et à la gîte vers l'avant maximum ($\beta 2$) au delà de laquelle le "flotteur immergé" (1) commencerait à ne plus être totalement immergé et à découvrir et/ou les "flotteurs auxiliaires" (3) de l'avant commenceraient à s'enfoncer, et où les "ailerons orientables" supérieurs (29) de l'arrière sont déjà partiellement émergés, ayant perdu plus de la moitié de leur capacité de force de stabilisation horizontale. Ces phénomènes compromettent avec une très forte probabilité le maintien du "régime vitesse rapide" (situation critique à éviter impérativement).
- 30

35 Les angles relevés sur les figures donnent ici environ :

- pour la gîte latérale : $\alpha 1 = 4^\circ$ et $\alpha 2 = 7^\circ$ environ,
- pour la gîte avant : $\beta 1 = 3^\circ$ et $\beta 2 = 4^\circ$ environ,

Par conséquent, pour conserver le "régime vitesse rapide", la gîte longitudinale doit être maintenue

dans un intervalle autour de zéro, à peu près deux fois plus petit que celui dans lequel doit être maintenue la gîte transversale.

Le bâtiment est constamment sollicité par des forces déséquilibrantes parasites d'origine :

- éolienne (action du vent sur les voiles et sur les superstructures du bâtiment),
- 5 • hydrodynamiques dues aux vagues, principalement sur le "flotteur immergé" (1),
- pesanteur en cas d'inclinaison de l'axe OZ, le centre de gravité du bâtiment s'écartant de la verticale V du centre de poussée d'Archimède du "flotteur immergé" (1).

Pour rester en "régime vitesse rapide", le bâtiment doit donc :

- 10 • maintenir son axe OZ proche de la verticale, généralement loin des positions semi-critiques et impérativement en deçà des positions critiques précitées,
- maintenir son altitude proche du nominal par rapport au niveau moyen de l'eau (moyenne sur une période de l'ordre de quelques dizaines de secondes),
- ces maintiens doivent être d'autant plus énergiquement assurés :
 - 15 - que les causes d'instabilité sont fortes, c'est à dire par conditions de vagues hautes avec vent faible ou au contraire vent fort mais avec rafales importantes,
 - que les capacités de stabilisation des "ailerons orientables" (27) et (29) sont réduites par une vitesse faible ou par une cadence de succession des vagues rencontrées trop élevée en regard du temps de réponse de leur portance.

20 Ces deux maintiens (assiette et altitude) sont assurés, sous la commande du logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" (43) :

- en ajustant en permanence le réglage de sens et d'intensité des forces transversales verticales et horizontales de portance hydrodynamique s'exerçant sur les "ailerons orientables" (27) et (29) en réglant par la commande d'actionneurs les angles dièdres de plans moyens des "ailerons orientables" et de leur volet de bord de fuite, angles mesurés par des capteurs,
- 25 • et en ajustant lorsque nécessaire le réglage de la position du centre de gravité des masses d'eau contenues dans les réservoirs-ballasts (4), en modifiant leur répartition entre ces réservoirs par la commande de motopompes, répartition connue grâce à des capteurs dans ces réservoirs.

30 Ces "ailerons orientables" ayant une capacité de force de portance et un temps de réponse de la force de portance dépendant de la vitesse de l'écoulement, le "régime vitesse rapide" nécessite une vitesse suffisante du bâtiment, supérieure à une "vitesse critique" V_c qui dépend des conditions de vent, de vagues et de cap du moment.

6.8.5 - Hauteur de vagues franchissables en régime vitesse rapide

35 Compte tenu de la garde verticale de 2 m entre le "flotteur immergé et la "plate-forme habitable" (qui a été fixée au troisième paragraphe du chapitre 6.1 (p.52)), ce bâtiment est capable de maintenir le "régime vitesse rapide" par vagues non déferlantes d'une hauteur théorique de 2 m.

En pratique, la hauteur moyenne des vagues franchissables en "régime vitesse rapide" est de 1,3 m à 2 m par conditions de vent convenables (en vitesse, régularité et direction), selon la régularité de hauteur de ces vagues.

Remarque : un bâtiment analogue mais de longueur de "flotteur immergé" double, soit 20 m, avec la même proportion de hauteur des "pylônes porteurs", soit 4 m, franchirait dans ces conditions des vagues de hauteur moyenne comprise entre 2,6 m et 4 m, selon la régularité de leur hauteur.

7 - 2^{ème} EXEMPLE : VOILIER DE GRANDE CROISIERE

Ce chapitre 7 décrit un mode de réalisation particulier et non limitatif du dispositif selon l'invention, correspondant encore à un voilier à "flotteur immergé" unique de 10 m de long, mais destiné à la grande croisière et à ce titre mieux équipé que la version de base du premier exemple de réalisation de voilier selon l'invention précédemment décrit.

Comme dit précédemment au chapitre 4.5 (p.48), le mode de réalisation particulier et non limitatif de ce second exemple est illustré par les figures 1 et 56 à 68.

Ce voilier est strictement identique au voilier de base précédemment décrit comme premier exemple au chapitre 6 (p.51), sauf sur les six points suivants :

- Le propulseur auxiliaire est un moteur à combustion interne assurant une vitesse d'environ 6 à 8 Nœuds en "régime vitesse lente ou arrêt", ce qui améliore la sécurité, la vitesse pour rejoindre un abri en cas d'annonce de mauvais temps étant ainsi garantie.
- Les "mâts porte-ailerons orientables" sont fixés sur des ferrures à l'arrière des "bras rayonnants" par des charnières à verrouillage de sécurité par butée mécanique et à limitation magnétique de couple, ce qui améliore l'immunité au heurt d'obstacles (limitation plus précise, remise en place instantanée et automatique plus sûre lors de faibles chocs).
- Les "flotteurs auxiliaires" coulissent et ils peuvent être amenés au milieu des "bras rayonnants", dont le tronçon périphérique est repliable, réduisant ainsi l'encombrement horizontal au port,
- Le "flotteur immergé" peut être remonté et partiellement encastré à la base de la "plate-forme habitable", ce qui concourt à réduire le tirant d'eau et facilite l'accès au port ; dans une variante, la hauteur des "pylônes porteurs" est en outre réglable en fonction des conditions de navigation attendues, ce qui permet de réduire la consommation énergétique des actionneurs du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" par vagues faibles et vent favorable.
- Des sonars aériens placés sur des perches à l'avant des "flotteurs auxiliaires" avant et une fonction logicielle supplémentaire permettent de contourner les plus hautes vagues courantes, ce qui, au prix d'une dégradation minime (car occasionnelle) du confort de stabilité, augmente sensiblement la hauteur de vagues franchissable dans le "régime vitesse rapide".
- Le calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" est relié par fibres optiques à des microcontrôleurs situés à proximité des capteurs et actionneurs ; sur option (facultative), il est en outre relié à des capteurs de vibrations pour contrer leur apparition

éventuelle et le cas échéant parfaire le confort à bord.

Seules les différences ci-dessus avec le premier exemple sont décrites dans la suite du chapitre 7.

7.1 - Propulseur auxiliaire à moteur à combustion interne

"L'hélice immergée" (44) et la machine tournante électrique présentes dans l'exemple du mode de réalisation du voilier de base décrit au chapitre 6 (p.51) sont encore présentes dans ce second exemple, mais la machine tournante électrique a uniquement une fonction de génératrice et l'arbre d'hélice est ici entraîné par un moteur auxiliaire à combustion interne.

Ce moteur est un moteur diesel marin de 20 kW situé dans un compartiment insonorisé de la "plate-forme habitable" (2). Son arbre de sortie est relié à un réducteur situé dans le même compartiment, puis à deux renvois d'angles à engrenages sous carters étanches à bains d'huile avec un arbre de transmission vertical intermédiaire qui longe le "pylône porteur" aval (16). Le renvoi supérieur est logé dans la "plate-forme habitable" et le renvoi inférieur est logé dans le "flotteur immergé", où il se raccorde à l'arbre de "l'hélice immergée" (44).

L'arbre de transmission intermédiaire longe le "pylône porteur" juste en aval de son fût, à l'abri de l'écoulement extérieur dans le "carénage pivotant" (45), en passant par une lumière verticale traversante (56), comme décrit au chapitre 3.8.3.d (p.22) et illustré par les Figures 35 et 36.

Cet arbre intermédiaire tourne dans la lumière non étanche du carénage. Chaque traversée de paroi par l'arbre, lorsqu'il pénètre dans la "plate-forme habitable" (2) ou dans le "flotteur immergé" (1), est munie de deux joints d'étanchéité tournants montés en cascade. Un bain d'huile sous pression emplit l'espace entre les deux joints voisins et dans le cas de la traversée inférieure un reniflard permet de contrôler l'absence de fuite, conformément à la description donnée à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.11 (p.33).

7.2 - Mâts plongeants à charnière de sécurité magnétique

7.2.1 - Mâts porte-ailerons orientables

Les figures illustrant la fixation du mât dans ce mode de réalisation sont la Figure 56 qui illustre notamment le débattement angulaire du "mât porte-ailerons orientables" et la Figure 57 qui montre le détail de la fixation à charnière, butée mécanique et collage magnétique.

Dans ce mode de réalisation, chaque "mât porte-ailerons orientables" (26) est articulé sur une ferrure solidaire d'un "bras rayonnant" (24). Cette ferrure est située à l'extrémité périphérique du tronçon relevable du bras, du côté aval de celui-ci et encore plus en périphérie du bâtiment que la position la plus périphérique du "flotteur auxiliaire" (3) porté par ce "bras rayonnant" (dans ce mode de réalisation, les flotteurs (3) sont en effet coulissants le long des bras (24), comme cela sera décrit aux chapitres 7.3 (p.86) et 7.4 (p.87) et illustré aux Figures 58 et 59).

Cette ferrure est massive et elle est très rigidement liée au "bras rayonnant". Le "mât porte-ailerons orientables" comporte à son extrémité supérieure une tête massive articulée à cette ferrure par une robuste charnière de pivot parallèle à l'axe OY, pivot situé à une altitude voisine de l'altitude du dessous du "bras rayonnant" dans son voisinage (l'altitude de ce pivot sera précisée plus loin).

Cette charnière à verrouillage de sécurité qui, en fonctionnement normal, maintient rigidement le mât en position verticale contre une butée vers l'avant, permet à ce mât de s'escamoter en tournant vers l'arrière et en remontant lorsqu'un obstacle heurté par l'avant exerce sur la charnière un couple dont la valeur devient excessive et atteint un seuil de déclenchement prédéterminé.

- 5 La tête du mât (26) comporte à cet effet un robuste bras horizontal s'étendant vers l'amont, avec une longueur de l'ordre de grandeur de la largeur horizontale de la section droite du "bras rayonnant" (24) dans cette région, en constituant la branche horizontale d'une équerre rigide formée avec le mât (26). Ce bras d'équerre est en fer doux ou est solidaire d'une plaque en fer doux fixée à sa face supérieure. Un puissant aimant permanent fixé sous le "bras rayonnant" (24) par l'intermédiaire
- 10 d'un support à face inférieure horizontale, juste au-dessus du bras ou de la plaque en fer doux, maintient cet élément collé par attraction magnétique, assurant ainsi la verticalité du mât (26).

La hauteur précise de l'axe du pivot de la charnière sur la ferrure solidaire du "bras rayonnant" est prévue pour que la face inférieure de l'aimant solidaire du "bras rayonnant" porte parfaitement contre la face supérieure de la plaque en fer doux solidaire du bras horizontal de l'équerre précitée.

- 15 Lorsqu'une force excessive pousse le "mât porte-ailerons orientables" (26) vers l'aval, la force d'arrachement dépasse la force de collage magnétique, le couple de collage magnétique s'effondre alors très rapidement avec l'augmentation de largeur de l'entrefer et le mât pivote en remontant vers l'arrière, limitant ainsi le risque de dégâts aux "ailerons orientables" et à leur mât porteur.

- 20 Le "carénage pivotant" comporte une oreille à œil située sur son bord d'attaque, à proximité de la tête du mât, oreille à laquelle est accroché :

- soit un ressort de rappel pour la remise en place automatique du mât en position verticale après disparition de l'effort anormal, en étant si besoin aidé par un bref arrêt du bâtiment,
 - soit un filin pour la remise en place manuelle par l'équipage au moyen d'un winch situé sur la "plate-forme habitable", que le câble rejoint par un jeu de poulies de renvoi dont la plus proche
- 25 de l'oreille précitée est fixée à un bossoir solidaire du "bras rayonnant".

- Dans une variante de ce mode de réalisation, la tête du "mât porte-ailerons orientables" comporte du côté aval une partie solidaire en forme de secteur de poulie formant treuil récepteur avec flasques latéraux anti-échappement, treuil auquel est fixé un filin pour le relevage volontaire du mât au moyen d'un palan croché sur un second bossoir, lequel est solidaire du "bras rayonnant" du
- 30 côté aval du bras. Le relevage est commandé par l'équipage depuis la "plate-forme habitable" grâce à un winch et un jeu de poulies de renvoi d'angle du câble, aux chapes fixées au bossoir et au bras.

La Figure 56 illustre schématiquement, en vue de tribord, le mode de réalisation du dispositif à charnière de sécurité comportant une butée mécanique limitant le mouvement vers l'avant et une retenue à limiteur magnétique de couple s'opposant au relèvement du mât vers l'aval.

- 35 L'ensemble relevable est schématisé en position basse par des traits forts et en position(s) relevée(s) par des traits fins. Le câble ou ressort de l'amont pour la remise à poste en position verticale du mât ainsi que le câble de l'aval pour son relevage volontaire sont symbolisés en traits interrompus.

Le mât relevable (26) portant à sa partie inférieure (non dessinés sur cette figure) les "ailerons

orientables" (27) et (29) avec leurs volets de bord de fuite (31) et (32) - voir la Figure 25 - est solidaire de l'élément de structure supérieur constitué par la partie inférieure d'un "bras rayonnant" (24) par l'intermédiaire de la charnière (163), qui est mieux visible en Figure 57. Cette charnière est fixée au "bras rayonnant" par l'intermédiaire d'un support rigide, de manière à ce que son pivot soit d'axe parallèle à l'axe OY et soit situé à une distance convenable pour permettre le relevage jusqu'à un certain angle du bras équipé de son "carénage pivotant" (45) ainsi que de ses "ailerons orientables" avec leurs volets de bord de fuite.

Le mât (26) comporte un robuste renvoi (165) vers l'avant, formant avec lui une branche d'équerre rigide à l'équerrage renforcé par un raidisseur vertical soudé (164). Cette branche (165) dirigée vers l'amont porte l'une des parties de la fermeture magnétique, qui est fixée sur sa face supérieure.

Un puissant dispositif de maintien (non dessiné) solidarise rigidement, mais avec une force de traction verticale maximum calibrée, la branche horizontale (165) de l'équerre avec l'élément de structure du bâtiment surplombant (24).

La Figure 57 illustre de façon schématique la fermeture à collage magnétique de la charnière ; les organes de relevage (159) et de remise à poste (161) visibles sur la figure précédente n'y ont pas été dessinés. Cette fermeture magnétique comprend d'une part un aimant permanent (167) à face inférieure plane et horizontale présentant les pôles nord et sud magnétiques ; cet aimant est fixé à l'élément de structure supérieur (24) par l'intermédiaire d'un support (168) ; ce support est adapté à la forme de cet élément de structure et possède une face inférieure horizontale. Cette fermeture magnétique comprend d'autre part une palette (166) en matériau ferreux solidaire de la branche horizontale (165) formant équerre avec le mât (26), placée en vis-à-vis de l'aimant permanent (167) et juste sous lui, de façon à refermer le circuit magnétique. Le cas échéant, l'aimant permanent est constitué d'une juxtaposition sur un plan horizontal de barreaux parallélépipédiques orientés parallèlement à l'axe OY et aimantés parallèlement à l'axe OX, avec le pôle nord vers l'amont et le pôle sud vers l'aval ; chaque barreau est fixé dans la gorge tournée vers le bas d'un profilé en "U" en matériau ferreux, de telle sorte que la surface inférieure de la nappe d'aimants présente une alternance de pôles magnétiques nord et sud apparaissant à l'extrémité inférieure des ailes des profilés en "U" ; chaque profilé en "U" est fixé au support supérieur (168), par exemple au moyen de deux vis verticales en ses extrémités formant oreilles à œil.

Dans une variante du mode de réalisation précédent, non dessinée mais fortement recommandée car elle évite la plongée vers le bas de la branche d'équerre susceptible d'accrocher un obstacle au ras de l'eau, la branche horizontale de l'équerre de tête de mât (26) est dirigée non pas vers l'amont, mais au contraire vers l'aval. De la sorte, cette branche remonte en cas de pivotement du mât (26). Une ferrure solidaire de l'élément de structure supérieur (24) passe juste sous cette branche horizontale. La fermeture magnétique maintient cette branche horizontale plaquée vers le bas contre l'aimant fixé sur le dessus de la partie de la ferrure passant sous la branche.

7.2.2 - Mât porte-girouettes hydrauliques

Le mode de réalisation de la liaison du "mât porte-girouettes hydrauliques" (37) à la structure du bâtiment est analogue à celle des "mâts porte-ailerons orientables" (26), sauf :

- que la poutre horizontale (33) - visible en Figure 23 - est l'élément de structure supérieur,
- que la ferrure fixe solidaire de cette poutre et portant la charnière de sécurité n'est pas juste à l'aplomb de la poutre, mais assure le déport latéral de la charnière, de sorte que le plan de pivotement du "mât porte-girouettes hydrauliques" (37) soit légèrement décalé sur le côté, par exemple vers bâbord, afin qu'aucun élément n'entre en collision lors du relèvement de ce mât.

7.3 - Bras rayonnants repliables

Les "bras rayonnants" sont repliables, de manière à réduire l'encombrement horizontal pour faciliter le stationnement portuaire et les interventions éventuelles sur les "ailerons orientables".

- 10 Dans ce mode de réalisation, illustré globalement et de façon simplifiée par la Figure 58, le "bras rayonnant" est dessiné déployé, avec le "flotteur auxiliaire" dessiné en trait fort près de son extrémité ; la position repliée du bras et deux positions intermédiaires sont dessinées en trait mixte pour le tronçon mobile et la position correspondante du "flotteur auxiliaire" est dessinée en trait fin.

- 15 Chaque "bras rayonnant" se compose de deux tronçons reliés par une robuste charnière à verrouillage (179), d'axe horizontal perpendiculaire à l'axe du bras (24), réalisée de façon à donner une très grande rigidité à la liaison lorsqu'elle est verrouillée avec le bras en position déployée.

Le tronçon situé du côté de l'emplanture est fixe et solidaire de la "plate-forme habitable" (2).

Les "mâts porte-ailerons orientables" (26) qui sont solidaires de "bras rayonnants" (24) et portent des "carénages pivotants" (45) sont fixés à l'extrémité de ces bras par une charnière à verrouillage et limitation de couple comme décrit précédemment (charnière non dessinée pour alléger la figure).

- 20 Les "flotteurs auxiliaires" (3) coulissent le long des "bras rayonnants" (24) grâce à un mécanisme décrit au chapitre 7.4 (p.87) - non dessiné sur la Figure 58 - et ils sont solidaires de ces bras :

- pour la configuration avec bras déployés, près de l'extrémité périphérique du bras et le plus près possible du "mât porte-ailerons orientables" (26) sans toutefois gêner son relèvement,
- pour la configuration avec bras repliés, près de l'extrémité du tronçon fixe du bras (24), et le plus près possible de la charnière (179) reliant les deux tronçons de ce bras.

- 25 En navigation, le tronçon périphérique est maintenu rigidement dans le prolongement du tronçon fixe : les deux semelles de la charnière (179) formant brides, chacune solidaire d'un tronçon du bras (24), sont maintenues plaquées l'une contre l'autre par un dispositif de serrage amovible par une série de verrous à pènes coulissant radialement en étoile avec pentes formant coins, à verrouillage et déverrouillage soit par intervention sur place d'un membre d'équipage, soit par télécommande depuis la "plate-forme habitable" (2) au moyen de câbles et de renvois par poulies. Ces verrous comportent chacun une goupille de sécurité qui est engagée par la poussée d'un ressort et qui est dégagé par une tirette à câble. Tous ces câbles sont manœuvrés depuis la "plate-forme habitable".

- 30 En mouillage au port, et éventuellement en navigation en "régime vitesse lente ou arrêt" par mer trop forte, le tronçon extérieur peut être relevé dans une position verticale (ou très redressée), ou même être rabattu à 180° vers la "plate-forme habitable" (2), au moyen du hauban (47) issu de la
- 35

tête du mât (18) et fixé à l'extrémité périphérique du tronçon mobile (le reste du mécanisme de relevage n'est pas dessiné) ; a cet effet le hauban (47) :

- part de l'extrémité périphérique du bras, passe sur une poulie en tête de mât (18) et se termine à l'extrémité du brin redescendant verticalement le long de ce mât par une cosse qui vient en butée haute contre une fourchette horizontale solidaire du mât (18) située légèrement plus bas que la poulie lorsque le tronçon mobile du bras est déployé,
- et qui sinon est entraînée par une drisse fixée à cette cosse, descendant au pied du mât (18) pour y être entraînée par un palan manuel ou un treuil avec blocage de sécurité.

Chaque hauban (47) est doublé d'un bas-hauban (non dessiné) assurant le maintien vertical du mât (18) lorsque le hauban principal est détendu ; ce bas-hauban relie la tête de mât (ou un point moins haut du mât si cela ne gêne pas l'orientation des voiles) et l'extrémité du tronçon fixe du bras, au voisinage de la charnière inter-tronçons (179). Le pied du bas-hauban est muni d'un dispositif de fixation rapide à la cadène et de mise en tension comportant un crochet, un levier entraînant un excentrique et un verrouillage du levier en position haute contre le câble tendu en le coiffant d'un tronçon de tube coulissant enfilé sur le câble. En navigation, le bas-hauban n'est pas en service : son pied, détaché de la cadène, est ramené contre le pied du mât où il est arrimé, tendu par sandow.

Pour aider la manœuvre de rotation du tronçon périphérique entraîné par le hauban mobile (47), qui devient inefficace lorsque le tronçon et le hauban s'approchent de l'alignement commun, la charnière (179) peut comporter un arbre selon son axe, solidaire de ce tronçon et muni à son extrémité d'un mécanisme permettant d'exercer un couple ; il peut s'agir par exemple d'une roue à chaîne à rouleaux fixée sur l'arbre, chaîne entraînée par un moto-réducteur électrique bidirectionnel à transmission par pignon et vis sans fin irréversible.

Un repliement complet à 180° n'est pas indispensable, car amener le tronçon mobile dans le prolongement du hauban (47) peut suffire à réduire suffisamment l'encombrement, mais cela facilite les opérations de maintenance éventuelle sur les "mâts porte-ailerons orientables" ou sur les ailerons eux-mêmes en les rendant aisément accessibles depuis la "plate-forme habitable" (2).

Les câbles, fibres optiques ou canalisations longeant les "bras rayonnants" repliables (24) comportent des tronçons souples au niveau des charnières (179), ou bien des raccords tournants étanches pour les canalisations, le cas échéant à axe de rotation colinéaire à l'axe de charnière, et avec continuité électrique en cas de canalisation électriquement blindée.

7.4 - Flotteurs auxiliaires coulissants le long des bras rayonnants

7.4.1 - Vue d'ensemble du mécanisme

Sur la Figure 59, on voit le "bras rayonnant" tribord avant (24) dessiné en vue de dessous, en position replié (en trait fort), le "flotteur auxiliaire" étant supposé ôté, mais sa position est néanmoins indiquée en trait fin ; les positions dessinées en trait fin du tronçon relevable du "bras rayonnant" et de la platine périphérique de fixation du "flotteur auxiliaire" correspondent à la position déployée du bras ; l'implanture du bras sur la "plate-forme habitable" (2) est visible en bas à droite de la figure, ainsi que l'emplacement du "mât porte-ailerons orientables" (26) repéré par la

croix (169) en haut à gauche ; on y voit également la platine de fixation du "flotteur auxiliaire" (3) en position "parking" au centre de la figure et en position "navigation" en haut à gauche.

Le "flotteur auxiliaire" (3) est solidaire d'une robuste platine mobile (171) formant chariot couissant à laquelle il est rigidement suspendu (le mode de réalisation de la liaison n'est pas
5 détaillé sur les figures). Cette platine mobile comporte à sa partie supérieure un coulisseau visible sur la section de la Figure 60 vue selon l'axe du bras, sur la vue de dessus de la Figure 61, ainsi que sur la vue en bout de la Figure 62.

Ce coulisseau s'engage dans une gorge longitudinale à rebords et à section en "T" formant rail de guidage en translation, située à la face inférieure du "bras rayonnant" (24) ; cet assemblage
10 couissant est visible sur la section réalisée perpendiculairement à l'axe du bras en Figure 60 ; les flancs verticaux (170) des rebords de ce rail de guidage sont visibles sur la vue de dessous de la Figure 59. Les faces verticales (180) de guidage du coulisseau contre ces faces (170) sont visibles sur les Figures 60 à 63 ; la Figure 63 montre la face horizontale inférieure de chaque aile du coulisseau qui est munie d'un patin (181) en matériau antifriction (PTFE par exemple) fixé par des
15 vis freinées (182).

Cette gorge se prolonge avec la même section en "T" sur toute la longueur des deux robustes platines fixes (172) et (173), chacune rigidement solidaire de la partie inférieure d'un tronçon du bras (24), aux emplacements prévus pour les deux positions verrouillées du "flotteur auxiliaire" (3).

Le chariot couissant (171) est déplacé d'une position verrouillée à l'autre au moyen d'un câble en
20 boucle commandé depuis la "plate-forme habitable" (2), formant un va-et-vient longeant le bras (24) en passant dans la gorge en "T" à rebords (170) et sur une poulie à pivot vertical solidaire de l'extrémité périphérique du bras (24) et dont un des brins est ancré au chariot (171) par un serre-câble ; ce câble passe dans deux passe-fils en matériau antifriction solidaires du bras et placés à proximité immédiate de la poulie pour éviter que le câble n'échappe de la gorge lorsqu'il est
25 détendu ; ce câble est manœuvré à l'aide d'un winch situé sur la "plate-forme habitable" (2).

Le dispositif d'entraînement du chariot (171) n'est pas dessiné, de même que la rainure au plafond de la gorge en "T" permettant le passage du serre-câble fixé sur le dessus du chariot.

La course du chariot couissant (171) est limitée par une butée interne (174) et par une butée
30 périphérique (175) visibles en Figure 59. La butée (174) est démontable au moyen de boulons à tête freinée pour l'accès du chariot (171) à la zone (176) de la gorge, localement démunie de rebords, pendant les opérations à terre de montage ou de dépose du chariot et du "flotteur auxiliaire" (3).

7.4.2 - Dispositifs de verrouillage et leurs organes de manœuvre

Le chariot couissant (171) est positionné alternativement sous l'une des platines fixes (172) ou
35 (173) au moyen de quatre pènes, à partie haute conique, couissant verticalement dans des logements (177) du chariot situés près des quatre coins de celui-ci et qui s'engagent alternativement dans les logements coniques prévus à cet effet près des quatre coins de l'une ou l'autre platine fixe.

Détails pour chaque pêne (non dessinés) : Le pêne à axe vertical et à extrémité supérieure conique comporte à sa partie inférieure cylindrique un patin carré débordant et formant épaulement ; un

ressort prenant appui sur la face inférieure du chariot (171) porte sur cet épaulement et repousse le pêne vers le bas ; cette face inférieure du chariot comporte à l'aplomb de chaque pêne un étrier fixe solidaire du chariot et dans lequel coulisse parallèlement à l'axe du "bras rayonnant" un coin penté à faible pente manœuvré par deux palans antagonistes crochés sur lui et commandés depuis la

5 "plate-forme habitable" ; le patin carré d'extrémité inférieure du pêne s'appuie sur la face supérieure plane, légèrement inclinée, du coin penté ; l'un des palans engage le coin penté en le tirant vers la périphérie du bâtiment, ce qui repousse ce pêne vers le haut ; l'autre désengage le coin penté en le tirant vers la "plate-forme habitable", ce qui permet au pêne de redescendre sous l'effet du ressort.

Ce chariot (171) est en outre plaqué contre la platine fixe sous laquelle il est positionné au moyen de leviers à griffe (184) situés à ses quatre coins et tracés en trait fin sur la Figure 60. Chaque levier

10 tourne autour d'un pivot d'axe (185) qui est parallèle à l'axe de la gorge en "T" et qui est solidaire du chariot par l'intermédiaire d'une paire d'oreilles (178) implantées à la face inférieure de ce dernier. La face active de la griffe portée par chaque levier est plane et légèrement inclinée lorsque le levier est vertical, de manière à assurer un coincement progressif de la platine supérieure vers la

15 fin de course supérieure du levier. Cette face active, ainsi que les zones de contact en regard sur le dessus des platines fixes (172) et (173), sont munies de patins (non dessinés) en matériau antifricition maintenus par des vis freinées (de manière analogue au patin dessiné en Figure 63) ; ces patins sont remplaçables pour compenser leur usure et conserver la force de placage du chariot contre la platine fixe au fil du temps. Chaque levier (184) comporte à son extrémité supérieure un

20 œil pour l'accrochage d'une manille d'ancrage d'un câble de traction terminé par une cosse à œil. Sur la Figure 60, on voit les yeux (186) et (187) d'un couple de leviers (164) associés en vis-à-vis.

Le présent paragraphe décrit maintenant le dispositif de commande et de verrouillage manuel des leviers (184) - non dessiné sur les figures, de même que les coins pentés et palans précédents - :

- 25 • pour assurer le rapprochement des têtes des leviers (184) nécessaire à l'ablocage du chariot (171) sous les platines fixes (172) ou (173), les yeux (186) et (187) en vis à vis de chaque paire de leviers (184) sont reliés par un palan à câble manœuvré depuis la "plate-forme habitable".
- 30 • pour assurer l'écartement des têtes de leviers (184) nécessaire au déblocage du chariot (171), une entretoise télescopique à tubes coulissants mâle et femelle relie en outre les deux têtes de leviers (184) de chaque paire en ayant ses extrémités articulées à ces têtes par des pivots d'axes parallèles à l'axe du "bras rayonnant" ; le tube femelle comporte une fente longitudinale dans laquelle coulisse un crochet à anneau solidaire de l'extrémité coulissante du tube mâle ; le tube femelle comporte un anneau identique solidaire de son extrémité ouverte ; ces deux anneaux sont reliés par un second palan à câble manœuvré depuis la "plate-forme habitable".
- 35 • pour verrouiller les leviers (184) soit en position resserrée pour l'ablocage du chariot (171), soit en position écartée pour le coulissement de ce chariot, l'entretoise télescopique comporte en outre une goupille de sécurité à engagement par un ressort et à dégagement par une tirette à câble manœuvré depuis la "plate-forme habitable" ; cette goupille s'engage dans des trous des deux tubes, perpendiculaires à l'axe de l'entretoise et placés de manière à assurer à l'entretoise tantôt l'une, tantôt l'autre des deux longueurs requises pour ces dispositions des leviers.

Les câbles des palans et des tirettes homologues des deux paires de leviers du chariot sont réunis deux à deux afin de réduire les manipulations nécessaires pour déplacer le "flotteur auxiliaire".

Des guides passe-fils sont prévus aux endroits appropriés pour soutenir les câbles lorsqu'ils sont détendus, notamment près des poulies à gorge des va-et-vient pour éviter qu'ils ne s'en échappent.

- 5 Un jeu suffisamment important pour subsister après ablocage est prévu entre le dessus du coulisseau et le fond de la gorge en "T" formant rail de guidage (ce jeu est visible sur la Figure 60).

- Une analyse détaillée des temps de la séquence de gestes élémentaires nécessaires au changement de configuration complet du bâtiment (passage de l'état bras dépliés à l'état bras repliés, ou inversement) montre que la durée de la transformation est de l'ordre de 22 mn pour une personne seule, 9 mn et demie pour deux personnes agissant simultanément et 4 mn et demie pour quatre personnes (cas d'un voilier à "flotteur immergé" de 10 m de long et à quatre "bras rayonnants").
- 10

7.5 - Flotteur immergé relevable et semi-encastrable sous la plate-forme

Le dispositif de relevage du "flotteur immergé" (1) est illustré par les Figures 64 à 68, qui sont des figures simplifiées, certains des dispositifs présents et décrits ci-après n'y étant pas dessinés.

- 15 Le "flotteur immergé" (1) est muni d'un dispositif permettant de le rapprocher de la "plate-forme habitable" (2) et de l'encastrer partiellement sous une voûte longitudinale épousant sa forme supérieure et prévue à cet effet à la partie inférieure de la coque de cette plate-forme.

A cet effet, pour chaque "pylône porteur" (16) :

- 20 • Le "pylône porteur" est muni d'un dispositif de liaison coulissant verticalement dans la "plate-forme habitable", avec deux positions verrouillables, une position basse pour la navigation normale et une position haute pour le port ou des manœuvres par faible profondeur.
- La coque de la "plate-forme habitable" comporte une cheminée verticale (188) à parois latérales étanches avec la coque, de section horizontale prévue juste pour le passage avec un jeu minime du "pylône porteur" (16) avec son "carénage pivotant" (45), celui-ci ayant son plan de symétrie maintenu rigoureusement parallèle au plan XOZ juste avant de pénétrer dans la
- 25 cheminée (188).
- L'ouverture basse de la cheminée (188) est ménagée (voir Figure 67) dans une ferrure métallique horizontale (198) très robustement et rigidement solidaire de la structure de la "plate-forme habitable" (2) et l'extrémité supérieure de la cheminée comporte une autre ferrure
- 30 horizontale semblable, également très robustement et rigidement solidaire de cette structure.
- La paroi de la cheminée (188) présente deux étages de logements cylindriques horizontaux dans lesquels coulisent des pênes (194) répartis sur le pourtour de cette cheminée à un même niveau horizontal, le premier étage à hauteur de la mi-épaisseur de la ferrure inférieure (198) et le second étage à mi-épaisseur de la ferrure homologue supérieure.
- 35 • La tête du "pylône porteur" (16) est constituée d'une ferrure coulissante massive (190) très robustement et rigidement solidaire de l'extrémité supérieure du fût du pylône, par soudure et

raidisseurs radiaux triangulaires et verticaux (191) soudés sur le pourtour du fût et sous cette ferrure, ces raidisseurs étant logés dans la cavité supérieure du "carénage pivotant" (45), localement élargie pour les accueillir sans gêne au pivotement. La Figure 68 est un agrandissement qui illustre ce détail en montrant la limitation d'extension horizontale des raidisseurs (191) permettant le débattement angulaire du "carénage pivotant" (45) ; la paroi de ce dernier y est schématisée en trait fort dans son orientation moyenne et en trait fin dans ses deux orientations extrêmes.

- Cette ferrure coulissante (190) comporte des logements faiblement coniques (193) à axes horizontaux recevant de robustes pènes (194) à coulissement horizontal et extrémité légèrement conique dont la partie cylindrique est guidée dans les alésages à axes horizontaux de la ferrure fixe inférieure (198) ou de la ferrure fixe homologue supérieure, (l'inférieure en navigation normale, la supérieure lorsque le "flotteur immergé" est remonté). La conicité des pènes et le chanfrein de la ferrure coulissante (190) ne sont pas dessinés sur la vue de dessus en Figure 67.
- Les pènes horizontaux (194) sont munis de doubles joints d'étanchéité et sont tirés ou poussés par un mécanisme (non dessiné) manœuvré par l'équipage et ce mécanisme comporte un verrouillage de sécurité manuel pour interdire le désengagement accidentel des pènes (194).
- Selon la conicité des pènes, un dispositif (non dessiné) de pompe à eau hyperbare situé dans la "plate-forme habitable" et un circuit à canalisation souple armée alimentant de fins canaux débouchant latéralement au milieu de chaque logement (193) de la ferrure coulissante (190) est le cas échéant prévu pour garantir le désengagement sans grippage des pènes (194).
- La course verticale de la ferrure coulissante (190) est limitée par des butées (non dessinées) solidaires de la ferrure fixe inférieure (198) et de la ferrure fixe homologue supérieure, la butée inférieure étant amovible pour permettre le montage.
- Cette ferrure coulissante (190) est surmontée d'une barre cylindrique métallique (192), coaxiale au fût du "pylône porteur" (16), de section inférieure à celle du haut de ce dernier et de mode de solidarisation très rigide et robuste ; cette barre (192) est guidée en translation verticale par une cheminée verticale (189) dans laquelle elle coulisse juste ou par deux étages de galets l'entourant (non dessinés), les axes horizontaux de ces galets étant solidaires de la "plate-forme habitable" (2) ; la longueur de la barre (189) et la longueur de la cheminée (189) ou les niveaux des étages de galets sont prévus pour l'amplitude du déplacement du "flotteur immergé" (1).
- Le "carénage pivotant" (45) est orienté parallèlement au plan XOZ avant pénétration dans la cheminée (188) au moyen d'un cablot fixé à demeure au sommet de son bord de fuite et courant sous la "plate-forme habitable" jusqu'à l'arrière du bâtiment où il remonte sur cette plate-forme pour être hâlé par l'équipage juste avant le début de la remontée du "flotteur immergé". Deux chanfreins complémentaires, visibles l'un en bas de la vue de l'avant de la Figure 67, l'autre par la ligne d'arête (196) de la vue de dessus sur la même figure facilitent le début de pénétration par auto-alignement du "carénage pivotant". Le ballotement du cablot en navigation est limité en le faisant passer dans des passe-fils solidaires du dessous de la "plate-forme habitable" (2),

le plus proche du "carénage pivotant" étant situé à une distance du même ordre de grandeur que la hauteur de ce carénage, et en le tendant très légèrement par un sandow, cette tension devant rester suffisamment faible pour ne pas gêner l'orientation spontanée du "carénage pivotant".

- 5 • La ferrure (190) comporte le cas échéant une lumière (197) pour le passage éventuel de câbles, de canalisations ou d'arbres de transmission ; cette ferrure est située à l'aplomb de l'éventuelle lumière traversante (56) du "carénage pivotant" (45) visible en Figures 35 et 36.
- 10 • Chaque orifice de cheminée (188) est entouré d'une gorge en queue d'aronde munie d'un joint creux gonflable, affleurant sous pression atmosphérique. Lorsque le "flotteur immergé" est remonté, ce joint est gonflé à l'air comprimé et se plaque alors à la paroi du flotteur, empêchant ainsi toute pollution de la cheminée par des algues ou des mollusques lors de séjours au port.
- Le "flotteur immergé" comporte des poinçons rétractables affleurants destinés à émerger normalement à la paroi par un mécanisme pour pénétrer dans des logements de la coque de la "plate-forme habitable" en vis-à-vis, munis de caches à ressort prévus pour être repoussés, de façon à bien solidariser (1) et (2) et éviter qu'ils ne battent l'un contre l'autre en cas de clapot.

- 15 Le volume intérieur du "flotteur immergé" (1) est presque entièrement rempli de compartiments pouvant être à volonté emplis à un dosage approprié, tantôt d'air, tantôt d'eau, de manière à rendre sa flottabilité soit maximale (en navigation), soit tantôt légèrement négative (descente) ou tantôt légèrement positive (remontée), ce qui garantit les déplacements du flotteur malgré les frottements.

- 20 Les compartiments ennoyables de ce flotteur sont munis d'un réseau de canalisations ayant leur orifice en partie basse pour l'amenée de l'eau ou son aspiration à l'aide d'un dispositif situé dans la "plate-forme habitable" ; ce dispositif comprend une vanne manuelle et une pompe bidirectionnelle motorisée avec moyen de secours manuel et il est reliée à l'eau extérieure par canalisation et crépine ; un second réseau de canalisations ayant leur orifice en partie haute de chaque compartiment ennoyable fait office de prise d'air et est relié à l'air libre, en un point de la
- 25 "plate-forme habitable" à l'abri de l'eau extérieure ; chacun de ces deux réseaux communique entre "flotteur immergé" et "plate-forme habitable" par une canalisation traversant le "carénage pivotant" d'un "pylône porteur" (16) selon l'une des modes de réalisation décrits au chapitre 3.8.3.d (p.22).

Un indicateur du niveau de l'eau embarquée renseigne l'équipage sur la progression du remplissage ou de la vidange de chaque compartiment ennoyable du "flotteur immergé" (1).

- 30 Le déplacement de chaque barre de guidage (192) est contrôlé par un moyen de manœuvre qui peut être deux palans antagonistes tirant vers le haut et vers le bas, fixés d'une part au sommet de la barre et d'autre part à la structure de la "plate-forme habitable" (2), ou un mécanisme de commande à engrenage comme ceux de vannes de barrage de biefs de cours d'eau, ou encore un vérin hydraulique à double effet dont le piston est solidaire du sommet de la barre (192) et dont le corps
- 35 est formé par la cheminée (189) alors plus large que dessinée et munie d'un couvercle étanche et démontable en partie basse, à passage avec joint d'étanchéité coulissant pour cette barre (192).

Un mécanisme de synchronisation des déplacements est prévu pour éviter le risque d'arc-boutement en cas de pluralité de "pylônes porteurs" (16) pour un même "flotteur immergé" (1), par exemple au moyen de câbles de traction des palans précités homologues réunis en un seul câble, en passant sur

des poulies dont les chapes sont solidaires de la "plate-forme habitable" (2) et c'est alors ce câble unique que l'équipage manœuvre, ou encore au moyen d'un arbre rotatif parallèle à l'axe OX solidaire de roues dentées en prise avec des crémaillères fixées le long des barres de guidage (192).

- Dans le cas où des arbres de transmission rotatifs (par exemple pour l'entraînement d'hélice propulsive) longent des "pylônes porteurs", ces arbres sont télescopiques, par exemple formés chacun de demi-arbres à liaison glissante mâle-femelle à cannelures ; dans le cas où des câbles ou des canalisations longent des "pylônes porteurs", ces câbles ou canalisations sont le cas échéant guidés par des ensembles bielle-manivelle leur servant de support articulé, sur lesquelles ils sont fixés (par exemple par colliers) et ils comportent le cas échéant près des articulations des tronçons souples ou des raccords tournants étanches dans le cas de canalisations.

7.6 - Pylônes porteurs à longueur réglable pour le régime vitesse rapide

Dans une variante optionnelle du dispositif selon l'invention, le dispositif précédemment décrit au chapitre 7.5 (p.90) pour le relevage du "flotteur immergé" est complété de la manière suivante, pour chaque "pylône porteur" :

- 15 • le long de la cheminée (188) prévue pour le déplacement de la ferrure coulissante (190) du "pylône porteur", une ou plusieurs platines intermédiaires fixes, semblables à la platine fixe inférieure (198) et à la platine supérieure analogue, sont prévues à des étages intermédiaires entre ces deux platines, de façon à permettre de régler la longueur sortie du pylône à différentes longueurs échelonnées,
- 20 • cette ou ces platines intermédiaires comportent exactement le même système de logements (193) pour recevoir les pènes (194) à engagement horizontal pour le verrouillage de la ferrure coulissante (190) du pylône à une hauteur déterminée par rapport à la "plate-forme habitable" et cette ou ces platines intermédiaires sont très robustement et très rigidement solidaires de la structure de cette plate-forme par des pièces de structure massives et le cas échéant sont munies
- 25 de raidisseurs prévus pour répartir l'effort de poussée du "pylône porteur".

En adaptant la hauteur libre des "pylônes porteurs" aux conditions de hauteur de vagues prévues, l'équipage peut ainsi faciliter la stabilisation du bâtiment et en conséquence réduire la consommation énergétique des actionneurs des "ailerons orientables".

7.7 - Sonars à l'avant et logiciel d'évitement des plus hautes vagues

- 30 Chacun des deux "flotteurs auxiliaires" (3) situés à l'avant du bâtiment (voir Figures 1 et 24) comporte un sonar aérien à écho de surface (34) pour la mesure instantanée de la distance verticale entre ce capteur et la surface de l'eau extérieure, fixé à l'extrémité d'une perche (38). Chaque perche est solidaire de l'extrémité avant du "flotteur auxiliaire", possède une longueur d'environ le tiers de la longueur de ce flotteur, et est inclinée à 45° vers le haut et vers l'avant, de façon à surélever le
- 35 sonar largement au-dessus des plus hautes vagues attendues en "régime vitesse rapide".

Les distances à la surface de l'eau extérieure mesurées par ces sonars aériens sont utilisées par le logiciel du calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire" pour contribuer à

élaborer les ordres à envoyer aux actionneurs de réglage des angles dièdres entre plans moyens des "ailerons orientables" et leur volet de bord de fuite associé.

- 5 Le rôle de ces mesures de hauteurs instantanées n'est pas de stabiliser le bâtiment à court terme, mais au contraire de lui permettre de suivre quelque peu le mouvement d'une vague ou d'un creux d'amplitude exceptionnelle afin d'éviter ou d'atténuer le contact accidentel de "flotteurs auxiliaires" avec l'eau extérieure ou d'émergence partielle accidentelle du "flotteur immergé" ou d'un "aileron orientable". Cette légère dégradation de la stabilisation n'est pas trop gênante pour le confort des passagers dans la mesure où elle reste occasionnelle, ce qui est courant, les vagues les plus hautes étant les plus rares ; cela permet au bâtiment de garder plus longtemps le "régime vitesse rapide".
- 10 Une fonction de transfert assure une transformation non linéaire des mesures de hauteur instantanée de l'eau fournies par ces capteurs de l'extrême avant. Elle est réalisée sur signaux analogiques à l'aide d'un amplificateur électronique non linéaire ou sur valeurs numériques par logiciel. C'est le résultat de cette transformation non linéaire qui est utilisé par l'algorithme général, aménagé à cet effet, du logiciel du "contrôleur d'assiette et de trajectoire", et non pas les mesures vraies :
- 15 • Cette transformation consiste en une compression du signal de mesure d'autant plus prononcée que la hauteur mesurée approche l'une des bornes minimum ou maximum théoriques (dont la différence correspond sensiblement à la plus petite hauteur libre des "pylônes porteurs"), à l'instar d'un amplificateur à saturation progressive et symétrique. Le gain est de un pour les petits signaux et il diminue progressivement jusqu'à une certaine valeur (par exemple 0,7) lorsque l'amplitude du signal d'entrée atteint l'une des bornes précitée maximum ou minimum.
- 20 • L'algorithme général de calcul de position et d'orientation du bâtiment par double intégrations et recalages, précédemment décrit au chapitre 6.7 (p.75), est adapté pour prendre en compte ces mesures modifiées, concurremment aux autres mesures de profondeur, et en les considérant comme des mesures "vraies" (ce qui est faux) et filtrées par un filtre passe-bas (ce qui est faux aussi). Il en résulte que le signal de retour de la boucle de contre-réaction est inchangé pour les
- 25 mouvements parasite dus aux petites vagues et est d'autant plus atténué pour les vagues hautes que leur hauteur approche ou dépasse la limite théorique. Il en résulte un certain accompagnement du mouvement des plus hautes vagues par le bâtiment et un sensible relèvement pratique de la hauteur franchissable en régime "vitesse rapide".
- 30 Compte tenu de la répartition statistique de la hauteur des vagues rencontrées dans des conditions de navigation données, on peut estimer que le relèvement de la hauteur de vagues franchissables par le dispositif selon l'invention, lorsqu'il est doté de ce dispositif de détection avancé de hauteur et de la fonction logicielle de contournement des plus hautes vagues, peut aller jusqu'à environ 30% en l'accompagnant d'un allongement correspondant des "pylônes porteurs" du bâtiment.
- 35 De manière à n'introduire que le degré nécessaire de suivi des hautes vagues, la valeur du gain à saturation (0.7 dans l'exemple concret donné plus haut) est réglable par l'équipage à partir de la console informatique entre deux bornes prédéfinies. En première approche, on peut suggérer pour ces bornes 0.5 pour un suivi fort et 0.9 pour un suivi faible, sachant qu'un suivi fort nécessite pour être efficace que les vagues soient suffisamment longues pour que le bâtiment ait le temps de se

déplacer verticalement de la dénivellation requise au rythme approprié.

7.8 - Protection contre la foudre du contrôleur d'assiette et de trajectoire

5 Toutes les arrivées de câbles d'alimentation électrique aux équipements ou aux cartes électroniques sont munis de diodes de protection ultra-rapides contre les surtensions (diodes "Transil" par exemple) pour protéger les composants contre les surtensions. En ce qui concerne les signaux de mesure ou de commande, leur acheminement par câbles électriques blindés est limité à de très courtes distances, l'acheminement étant sinon systématiquement assuré en mode digital par fibres optiques pour transmission de signaux infrarouges.

10 Chaque tête de "mât porte-ailerons orientables" (26) comporte une case à équipements électroniques qui est solidaire de la tête du mât. Cette case fait partie d'un réseau étanche à circulation d'air contrôlé en pression, température et hygrométrie, réseau électriquement blindé et mis à la masse de l'eau environnante, comme décrit précédemment à l'avant-avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.12.b (p.36). Cette case à équipements comprend notamment :

- les deux moteurs électriques pas à pas de commande des angles dièdres ailerons-volets,
- 15 • les organes électroniques de commande de puissance des moteurs pas à pas précités,
- un double accéléromètre "ADXL 202E" © (composant produit par la société "Analog Devices" ©) mesurant les accélérations selon les directions des axes OY et OZ,
- un microcontrôleur "PIC 16C 774 JW" © (composant produit par la société "MicroChip" ©), comprenant des convertisseurs analogique-digital et deux ports de communication série,
- 20 • deux convertisseurs TTL-infrarouge pour transmission digitale à 40 Kbits/s, l'émetteur "HFBR-1523" © et le récepteur "HFBR-2523" © (composants électroniques produits par la société "Agilent Technologies" ©), ainsi que les départs des deux fibres optiques correspondantes vers le calculateur central pour la voie montante et pour la voie descendante,
- les départs des câbles électriques blindés à paires de fils torsadées blindées pour les signaux
25 concernant les autres capteurs portés par ce "mât porte-ailerons orientables" :
 - le capteur (7) de pression statique,
 - les deux capteurs de mesure des angles dièdres entre chaque "aileron orientable" et son volet de bord de fuite,
 - ainsi que le capteur de mesure de l'angle d'orientation de "l'aileron orientable" supérieur
30 (29) par rapport au mât (26).

Le rôle du microcontrôleur précité est d'assurer l'interface entre les capteurs et actionneurs auxquels il est relié par des liaisons pour signaux électriques et la double liaison de communication série à 40 Kbits/s par signaux infrarouges sur fibres optiques allant vers le calculateur central par une voie montante et une voie descendante distinctes.

35 Les autres platines électroniques d'interface associées localement aux autres capteurs que sont "girouettes hydrauliques" (35) et (36), girouette anémométrique (39), loch-speedomètre (40),

compas magnétique (41) et sondeur sous-marin (42), sont reliées par fibres optiques pour transmission digitale infrarouge des signaux de mesure au calculateur central et si besoin munies de convertisseurs analogiques-numériques. Les deux "girouettes hydrauliques" voisines sont interfacées par un microcontrôleur et communiquent par un couple de fibres unique ; il en est de même pour le
5 loch-speedomètre et le sondeur sous-marin qui sont alors implantés au voisinage l'un de l'autre.

Les autres platines électroniques d'interface associées localement aux autres actionneurs que sont notamment les motopompes et éventuelles électrovannes du "dispositif d'équilibrage à masses mobiles" par transfert d'eau entre réservoirs (4), les moteurs pas-à-pas et capteurs angulaires de rotation des tambours (10) et (11) des dispositifs (9) de réglage des écoutes (22) et (23), sont aussi
10 reliées par fibres optiques au calculateur central ; deux fibres et un microcontrôleur sont dédiés à l'ensemble motopompes et électrovannes ; deux fibres et un microcontrôleur sont dédiés à chacun des dispositifs élastiques de retenue d'écoute (moteur pas à pas plus capteur angulaire) : un pour la grand-voile, un pour l'écoute de foc à bâbord et un pour l'écoute de foc à tribord.

Toutes les fibres optiques parviennent dans la "plate-forme habitable" à une carte électronique
15 faisant office de concentrateur et d'adaptateur à l'un des type d'accès standards au calculateur électronique du "contrôleur d'assiette et de trajectoire". Cette carte est équipée de convertisseurs TTL-infrarouge - récepteurs "HFBR-2523" © et émetteurs "HFBR-1523" © - (composants électroniques produits par la société Agilent Technologies" ©) et elle comporte une liaison électrique blindée directe avec le calculateur précité ; cette carte est soit intégrée dans le boîtier du
20 calculateur et elle communique alors par son bus (par exemple bus PCI), ou bien cette carte est externe et elle est alors reliée par liaison externe à l'ordinateur (par exemple liaison série RS232 à 155 Kbits/s ou encore bus USB) ; si cette carte n'est pas intégrée dans ce boîtier, elle est néanmoins placée dans la même enceinte à atmosphère contrôlée que l'ordinateur.

7.9 - Dispositif optionnel de mesure de vibrations des mâts porte-ailerons

25 Dans une variante optionnelle, un ou plusieurs autres accéléromètres ADXL 202E © sont ajoutés et sont reliés au calculateur central, le cas échéant via les microcontrôleurs des têtes des "mâts porte-ailerons orientables" ou du "mât porte-girouettes hydrauliques", afin de mesurer l'accélération horizontale transversale au bras (24) ou de la poutre (33) en tête de ces mâts et/ou les accélérations parallèlement aux axes OX et/ou OY (et/ou OZ pour les girouettes) en pied de ces mêmes mâts.

30 Ceci permet au logiciel de surveiller la naissance de vibrations éventuelles dues à l'écoulement rapide de l'eau sur les organes immergés à certains régimes de fonctionnement et les réduire et/ou enregistrer leur historique à fins d'analyse et d'action corrective ultérieure pour les réduire.

8 - AUTRES EXEMPLES DE REALISATION

8.1 - Bateau de croisière à propulsion solaire

35 Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif selon l'invention est identique au "voilier de base" de 10 m décrit au chapitre 6 (p.51), sauf qu'il est à propulsion solaire électrique et que :

- il ne comporte plus ni mât éolien, ni voiles, ni écoutes, ni dispositifs (9) de retenue d'écoutes,
- il comporte un vaste plancher polygonal dont les sommets sont voisins des extrémités des "bras rayonnants" (24) et qui est tapissé de cellules photoélectriques,
- ces cellules photoélectriques sont reliées à travers un dispositif régulateur électrique à un
5 moteur électrique de propulsion et à une batterie d'accumulateurs,
- la batterie d'accumulateurs et le moteur électrique sont logés dans le "flotteur immergé" (1) et ce moteur entraîne "l'hélice immergée" propulsive (44) située à la pointe arrière de ce flotteur,

Le moteur électrique est enfermé dans un compartiment étanche relié au réseau à atmosphère contrôlée, comme décrit à l'avant-avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.12.b (p.36). La paroi de
10 ce compartiment comporte une trappe étanche ouvrable en cale sèche pour l'accès à l'intérieur lors de l'installation et de la maintenance des équipements, comme décrit au chapitre 3.8.11 (p.33).

La liaison par câbles électriques entre la "plate-forme habitable" (2) et le "flotteur immergé" (1) passe par une lumière traversante (56) du "carénage pivotant" (45) du "pylône porteur" (16) de l'arrière, comme décrit à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 6.3 (p.56).

- 15 L'étanchéité de la traversée de paroi du "flotteur immergé" (1) par l'arbre de "l'hélice immergée" (44) est assurée par le dispositif décrit à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 3.8.11 (p.33).

La surface de captage des cellules photoélectriques est d'environ 400 m². La puissance solaire crête reçue est d'environ 400 kW par temps clair, à l'équateur et à midi solaire. Avec des rendements de 25% pour les cellules, de 75% pour le moteur électrique, la puissance sur l'arbre d'hélice est de
20 l'ordre de 75 kW, ce qui assure une vitesse suffisante pour la navigation en "régime vitesse rapide".

8.2 - Bateau de croisière à moteur à combustion interne

Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif selon l'invention est identique au bateau à propulsion solaire décrit au chapitre 8.1 (p.96), sauf que son "dispositif principal de propulsion" est basé sur l'utilisation d'un ou plusieurs moteurs à combustion interne et :

- 25 • Il ne comporte plus pour la propulsion principale ni plancher solaire, ni cellules photoélectriques.
- Le moteur à combustion interne est un moteur diesel à turbocompresseur, marinisé et placé avec son réducteur sous un capot insonorisé dans la "plate-forme habitable" (2), refroidi par un circuit d'eau extérieure puisée par une canalisation avec pompe d'aspiration et crépine.
- 30 • Ce moteur entraîne l'arbre "d'hélice immergée" (44) par un arbre rotatif longeant le "pylône porteur" (16) de l'arrière via une lumière traversante (56) du "carénage pivotant" (45), comme décrit à l'avant-dernier paragraphe du chapitre 6.3 (p.56) ; cet arbre intermédiaire est muni de renvois d'angle à 90° à chacune de ses extrémités haute et basse.

8.3 - Bateau de croisière à propulsion mixte voile et moteur

- 35 Dans un mode de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif selon l'invention est capable de

naviguer en "régime vitesse rapide" tantôt à la voile seule, tantôt au moteur seul et pour cela combine les modes de réalisation de l'exemple du chapitre 7 (p.82) - voilier "de grande croisière" de 10 m - et du chapitre 8.2 (p.97) avec moteur à combustion interne entraînant une "hélice immergée" (44) située à l'arrière du "flotteur immergé" (1).

- 5 Ce mode de réalisation permet aux passagers de profiter du silence de la navigation à voile lorsque le vent est convenable et de continuer à faire route au moteur dans le cas contraire, avec certes moins de silence, mais en continuant à bénéficier du confort de stabilité du "régime vitesse rapide".

- Note : Le silence en cas de navigation au moteur peut être fortement accru en enfermant le moteur diesel dans le "flotteur immergé" (1), à condition de prévoir l'accessibilité pour inspection et*
10 *entretien au large par un membre d'équipage en cas de besoin : soit par un dispositif d'accès au flotteur sous l'eau par une trappe ouvrable après mise au sec par une jupe descendant de la "plate-forme habitable" et qui forme batardeau, comme décrit à la fin du chapitre 3.8.1 (p.18), soit par un "pylône porteur" tubulaire avec trou d'homme et échelle dans le cas d'un bâtiment de taille suffisamment grande (approximativement à partir d'un "flotteur immergé" de 50 m de longueur).*

15 **9 - APPORT DE L'INVENTION ET APPLICATIONS**

- Le dispositif selon l'invention, en "régime vitesse rapide", permet de remédier aux inconvénients des différents types de navires cités au chapitre 1 (p.1) "Etat de la technique antérieure" en supprimant ou en rendant quasiment imperceptibles les mouvements parasites dus aux vagues, source fréquente d'inconfort et de mal de mer pour les passagers, cela pour toute taille de navire
20 comprise entre quelques mètres et plus d'une centaine de mètres,

- dès lors que le vent est suffisamment fort et régulier (en cas de propulsion éolienne)
- et/ou dès lors que l'ensoleillement est suffisant (en cas de propulsion solaire),
- et tant que la hauteur des vagues est inférieure à la garde sous la "plate-forme habitable" ou excède de peu cette garde lorsque l'option à sonars avant et fonction logicielle de
25 contournement des plus hautes vagues est présente.

Ce dispositif présente en outre les attraits suivants :

- faible traînée, eu égard à la masse d'eau déplacée, d'où vitesse élevée et/ou économie d'énergie,
- silence de fonctionnement des propulsions éolienne ou solaire et bruit très atténué de la propulsion à moteur si celui-ci est logé dans le dispositif porteur,
- 30 • absence de danger particulier d'accident de personnes pour les passagers due à l'absence de risque de capotage en propulsion éolienne grâce aux régulateurs de tension d'écoutes et grâce à un amerrissage sans heurt violent en cas de panne du "contrôleur d'assiette et de trajectoire",
- bonne protection des organes fragiles du bâtiment en cas de heurt d'objet flottant de petite
35 taille, malgré la vitesse élevée atteinte, grâce aux articulations de sécurité des "mâts porte-ailerons orientables" et du "mât porte-girouettes hydrauliques",
- pas de recours à des techniques coûteuses de construction à la fois ultra-légère et très résistante

pour la construction de la structure du bâtiment, ni de recours à des composants ou équipements exceptionnels pour le "contrôleur d'assiette et de trajectoire",

- bonne logeabilité au port dans la version à "bras rayonnants" repliables et à "flotteur immergé" relevable : à même longueur de coque, l'encombrement est comparable à celui d'un catamaran courant et le tirant d'eau est comparable à celui d'un quillard courant.

Le dispositif selon l'invention est particulièrement destiné à la navigation de plaisance et à la navigation de croisière de grand confort, notamment :

- la version à propulsion éolienne dans les régions à conditions de vent favorables (comme les zones côtières des continents de la zone tempérée du globe et la zone des vents alizés)
- la version à propulsion solaire dans les régions à fort ensoleillement (comme les zones méditerranéenne ou équatoriale).

REVENDECATIONS

1) dispositif de navigation de surface sur les océans, mers, lacs, fleuves ou rivières qui comporte l'ensemble des quatorze dispositifs décrits ci-dessous dans les paragraphes numérotés de "premièrement" à "quatorzièmement" inclus (l'assiette du bâtiment est supposée horizontale) :

- 5 premièrement un dispositif porteur, situé à la partie inférieure du bâtiment, qui est constitué d'un ou plusieurs **flotteurs immergés** (1) de forme fuselée et d'élancement supérieur à 6, d'axes longitudinaux orientés dans la direction de marche du bâtiment et de poussée d'Archimède cumulée égale au poids total en charge du bâtiment lorsque les volumes d'eau contenus dans le dispositif de tare réglable (décrit plus loin, au quatrièmement) et le cas échéant dans le dispositif
- 10 d'équilibrage à masses mobiles (décrit au septièmement) sont réglés pour que le niveau de la surface de l'eau extérieure arrive à mi-hauteur de la distance verticale comprise entre le point le plus haut du présent dispositif porteur et le point le plus bas de la plate-forme habitable (2) (décrite au deuxièmement), diminuée de la faible poussée d'Archimède cumulée des autres appendices immergés ou partiellement immergés lorsque le niveau de la surface de l'eau extérieure est celui
- 15 précité,

- deuxièmement une **plate-forme habitable** (2) située au dessus du dispositif porteur, à une hauteur telle que la distance verticale minimum, mesurée entre le point le plus bas de cette plate-forme et le point le plus haut du dispositif porteur précité, soit supérieure ou égale à 5% de la longueur hors-tout du dispositif porteur (cette longueur étant mesurée dans la direction de marche du
- 20 bâtiment),

- troisièmement un ensemble de **pylônes porteurs** verticaux (16) qui supportent cette plate-forme habitable (2) en formant entretoises entre elle et le dispositif porteur précité, chaque pylône (16) étant solidaire de la plate-forme (2) à son extrémité supérieure et étant solidaire d'un flotteur immergé (1) du dispositif porteur à son extrémité inférieure, chaque flotteur immergé (1)
- 25 supportant un ou plusieurs pylônes porteurs (16),

- quatrièmement un **dispositif de tare réglable** constitué d'un ou plusieurs réservoirs (17) qui contiennent un volume d'eau extérieure admise réglable à tout taux de remplissage au moyen d'une pompe bidirectionnelle, avec une capacité totale telle que le poids d'eau contenue au remplissage maximum de ces réservoirs (17) soit égal à la charge utile maximum nominale du bâtiment,
- 30 augmenté d'une possibilité de surcharge d'au moins 10% du poids total en charge nominal du bâtiment (ce poids total en charge nominal étant compté lorsque le tarage est réglé pour que la surface de l'eau extérieure soit à mi-hauteur de l'intervalle compris entre le point le plus haut du dispositif porteur précité et le point le plus bas de la plate-forme habitable (2)),

- cinquièmement un ensemble d'au moins trois **bras rayonnants** (24), solidaires de la plate-forme habitable (2), qui rayonnent en étoile autour de cette plate-forme et supportent chacun un ou plusieurs éléments appartenant à un ou plusieurs dispositifs d'équilibrage ou de stabilisation décrits plus loin (dispositifs à flotteurs auxiliaires décrit au sixièmement, ou à masses mobiles décrit au septièmement, ou à ailerons orientables décrit au dixièmement),
- 35

REVENDECATIONS

1) Dispositif pour naviguer sur l'eau, comportant un moyen de propulsion, qui à partir d'une certaine vitesse : d'une part a son poids entièrement supporté par la poussée d'Archimède d'un ou plusieurs flotteurs profilés (1) complètement immergés, chacun de ces flotteurs immergés étant solidaire de la structure du bâtiment par un ou plusieurs pylônes porteurs (16) munis d'un carénage hydrodynamique mobile individuel (45) pivotant comme une girouette sous l'effet du courant et d'autre part a son équilibre et sa stabilité assurés par des appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique, certains de ces appendices étant supportés en partie basse de mâts (26) traversant la surface de l'eau et munis chacun d'un carénage hydrodynamique mobile (45) pivotant aussi comme une girouette sous l'effet du courant et certains de ces mâts (26) étant supportés par des bras (24) les maintenant à une distance du plan vertical de symétrie bâbord-tribord du bâtiment qui est supérieure au tiers de la longueur hors-tout du ou des flotteurs immergés (1).

2) dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte **l'ensemble des treize dispositifs** décrits ci-dessous dans les paragraphes numérotés de "premièrement" à "treizièmement" inclus (l'assiette du bâtiment est supposée horizontale), dont la combinaison lui confère sa stabilité :

premièrement un dispositif porteur, situé à la partie inférieure du bâtiment, qui est constitué d'un ou plusieurs **flotteurs immergés** (1) de forme fuselée et d'élancement supérieur à 6, d'axes longitudinaux orientés dans la direction de marche du bâtiment et de poussée d'Archimède cumulée égale au poids total en charge du bâtiment lorsque les volumes d'eau contenus dans le dispositif de tare réglable (décrit plus loin, au quatrièmement) et le cas échéant dans le dispositif d'équilibrage à masses mobiles (décrit au septièmement) sont réglés pour que le niveau de la surface de l'eau extérieure arrive à mi-hauteur de la distance verticale comprise entre le point le plus haut du présent dispositif porteur et le point le plus bas de la plate-forme habitable (2) (décrite au deuxièmement), diminuée de la faible poussée d'Archimède cumulée des autres appendices immergés ou partiellement immergés lorsque le niveau de la surface de l'eau extérieure est celui précité,

deuxièmement une **plate-forme habitable** (2) située au dessus du dispositif porteur, à une hauteur telle que la distance verticale minimum, mesurée entre le point le plus bas de cette plate-forme et le point le plus haut du dispositif porteur précité, soit supérieure ou égale à 5% de la longueur hors-tout du dispositif porteur (cette longueur étant mesurée dans la direction de marche du bâtiment),

troisièmement un ensemble de **pylônes porteurs** verticaux (16) qui supportent cette plate-forme habitable (2) en formant entretoises entre elle et le dispositif porteur précité, chaque pylône (16) étant solidaire de la plate-forme (2) à son extrémité supérieure et étant solidaire d'un flotteur immergé (1) du dispositif porteur à son extrémité inférieure, chaque flotteur immergé (1) supportant un ou plusieurs pylônes porteurs (16),

quatrièmement un **dispositif de tare réglable** constitué d'un ou plusieurs réservoirs (17) qui contiennent un volume d'eau extérieure admise réglable à tout taux de remplissage au moyen d'une pompe bidirectionnelle, avec une capacité totale telle que le poids d'eau contenue au remplissage

sixièmement un ensemble d'au moins trois **flotteurs auxiliaires** (3) à coque fermée, étanche et profilée, répartis autour de la plate-forme habitable (2) pour assurer l'équilibre d'assiette à l'arrêt ou à faible vitesse, solidaires de bras rayonnants (24) ou de la plate-forme habitable (2) elle-même, et tels que :

- 5 • la flottabilité cumulée de ces flotteurs auxiliaires (3) (différence entre la somme de leurs poussées d'Archimède à l'immersion complète et la somme de leurs poids, y compris celui de l'eau contenue dans leurs éventuels réservoirs-ballasts (4)) est franchement supérieure à la somme de la charge utile maximale nominale du bâtiment et de la surcharge décrite au quatrièmement, cette flottabilité cumulée étant mesurée lorsque le volume d'eau total contenu
10 dans les éventuels réservoirs (4) du dispositif d'équilibrage à masses mobiles (décrit au septièmement) est égal à la capacité moyenne de ces réservoirs (4),
- ces flotteurs auxiliaires (3) sont suffisamment éloignés du centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des bras rayonnants (24) pour que leur distance moyenne pondérée à ce centre de gravité, pondérée par leur volume, soit supérieure à 50% de
15 la longueur hors-tout du dispositif porteur précitée au deuxièmement,
- le point le plus bas de chaque flotteur auxiliaire (3) est situé à une hauteur comprise entre la hauteur du point le plus haut du dispositif porteur précité et la mi-hauteur de la plate-forme habitable (2), cette mi-hauteur étant la moyenne des altitudes du point le plus bas de la plate-forme (2) et du point le plus haut de l'habitable,
- 20 septièmement un **dispositif d'équilibrage à masses mobiles** dont la position horizontale du centre de gravité peut être ajustée en permanence par des déplacements d'une part vers l'avant du bâtiment ou vers l'arrière et d'autre part vers bâbord ou vers tribord, comportant des contrepoids mobiles le long de guides, positionnés le long de ces derniers par des mécanismes comprenant des actionneurs, ou comportant une masse d'eau transférable par des pompes bidirectionnelles entre des
25 réservoirs éloignés (4), le volume de cette masse d'eau étant égal au volume moyen de ces réservoirs (4),

huitièmement des **mâts porte-ailerons orientables** verticaux (26) fixés à la partie inférieure de flotteurs auxiliaires (3) ou de bras rayonnants (24) ou de la plate-forme habitable (2), chacun portant en partie basse un ou plusieurs des ailerons orientables (27), (29) (décrits au dixièmement)
30 et ayant une longueur suffisante, eu égard à la hauteur à laquelle sont situés ces ailerons,

neuvièmement un ensemble de **carénages pivotants** profilés (45) qui enveloppent individuellement chacun des pylônes porteurs (16) et chacun des mâts (26) porte-ailerons orientables, tels que :

- chaque carénage pivotant (45) est guidé en rotation autour de l'élément enveloppé (16) ou (26) au moyen d'organes de guidage solidaires de cet élément et ce carénage (45) a son centre de portance hydrodynamique suffisamment éloigné en aval de son axe de pivotement pour
35 s'orienter spontanément dans le lit du courant comme une girouette s'oriente dans le lit du vent,
- pour chaque flotteur immergé (1) du dispositif porteur, la somme des surfaces frontales des carénages pivotants (45) (la surface frontale de chaque carénage est l'aire de sa projection sur

maximum de ces réservoirs (17) soit égal à la charge utile maximum nominale du bâtiment, augmenté d'une possibilité de surcharge d'au moins 10% du poids total en charge nominal du bâtiment (ce poids total en charge nominal étant compté lorsque le tarage est réglé pour que la surface de l'eau extérieure soit à mi-hauteur de l'intervalle compris entre le point le plus haut du dispositif porteur précité et le point le plus bas de la plate-forme habitable (2)),

cinquièmement un ensemble d'au moins trois **bras rayonnants** (24), solidaires de la plate-forme habitable (2), qui rayonnent en étoile autour de cette plate-forme et supportent chacun un ou plusieurs éléments appartenant à un ou plusieurs dispositifs d'équilibrage ou de stabilisation décrits plus loin (dispositifs à flotteurs auxiliaires décrit au sixièmement, ou à masses mobiles décrit au septièmement, ou à ailerons orientables décrit au dixièmement),

sixièmement un ensemble d'au moins trois **flotteurs auxiliaires** (3) à coque fermée, étanche et profilée, répartis autour de la plate-forme habitable (2) pour assurer l'équilibre d'assiette à l'arrêt ou à faible vitesse, solidaires de bras rayonnants (24) ou de la plate-forme habitable (2) elle-même, et tels que :

- 15 • la flottabilité cumulée de ces flotteurs auxiliaires (3) (différence entre la somme de leurs poussées d'Archimède à l'immersion complète et la somme de leurs poids, y compris celui de l'eau contenue dans leurs éventuels réservoirs-ballasts (4)) est franchement supérieure à la somme de la charge utile maximale nominale du bâtiment et de la surcharge décrite au quatrièmement, cette flottabilité cumulée étant mesurée lorsque le volume d'eau total contenu
20 dans les éventuels réservoirs (4) du dispositif d'équilibrage à masses mobiles (décrit au septièmement) est égal à la capacité moyenne de ces réservoirs (4),
- ces flotteurs auxiliaires (3) sont suffisamment éloignés du centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des bras rayonnants (24) pour que leur distance moyenne pondérée à ce centre de gravité, pondérée par leur volume, soit supérieure à 50% de
25 la longueur hors-tout du dispositif porteur précitée au deuxièmement,
- le point le plus bas de chaque flotteur auxiliaire (3) est situé à une hauteur comprise entre la hauteur du point le plus haut du dispositif porteur précité et la mi-hauteur de la plate-forme habitable (2), cette mi-hauteur étant la moyenne des altitudes du point le plus bas de la plate-forme (2) et du point le plus haut de l'habitable,
- 30 septièmement un dispositif d'équilibrage à masses mobiles dont la position horizontale du centre de gravité peut être ajustée en permanence par des déplacements d'une part vers l'avant du bâtiment ou vers l'arrière et d'autre part vers bâbord ou vers tribord, comportant des contrepoids mobiles le long de guides, positionnés le long de ces derniers par des mécanismes comprenant des actionneurs, ou comportant une masse d'eau transférable par des pompes bidirectionnelles entre des
35 réservoirs éloignés (4), le volume de cette masse d'eau étant égal au volume moyen de ces réservoirs (4),

huitièmement des mâts porte-ailerons orientables verticaux (26) fixés à la partie inférieure de flotteurs auxiliaires (3) ou de bras rayonnants (24) ou de la plate-forme habitable (2), chacun portant en partie basse un ou plusieurs des ailerons orientables (27), (29) (décrits au dixièmement)

un plan normal à son plan vertical de symétrie) relatifs aux pylônes porteurs (16) supportés par ce flotteur est inférieure à 20% de l'aire minimum de la section verticale du passage de bâbord à tribord entre ce flotteur et la plate-forme habitable (2), passage limité à leur aplomb commun,

dixièmement des ailerons orientables (27), (29) immergés à force de portance hydrodynamique, en forme d'aile ou de tuyère, chacun ayant au moins un axe pivot (28) ou (30) solidaire d'un élément de la structure du bâtiment, le cas échéant par l'intermédiaire d'un mât (26) porte-ailerons orientables, et étant orienté par un mécanisme d'entraînement direct ou bien par la force de portance hydrodynamique d'un volet de bord de fuite braqué par un mécanisme d'entraînement, ces ailerons orientables étant tels que :

- 10 • le point le plus haut de chaque aileron (27), (29), pour toute orientation de cet aileron, est situé à une hauteur inférieure ou égale à celle du point le plus haut du dispositif porteur précité,
- l'ensemble des ailerons orientables à portance verticale (27) possède une distance moyenne pondérée de ces ailerons au centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des bras rayonnants (24), pondérée par l'aire de la surface projetée maximum sur
15 un plan horizontal de chaque aileron, qui est :
 - supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas de présence d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière basé sur l'énergie éolienne et/ou sur l'énergie solaire et ne nécessitant pas l'usage simultané pour la propulsion à cette vitesse d'un moteur utilisant un combustible embarqué,
 - 20 - supérieure à 30% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière exclusivement basé sur un moteur utilisant un combustible embarqué,
- l'ensemble des ailerons orientables à portance horizontale (29) possède une distance moyenne pondérée de ces ailerons au centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités
25 périphériques des bras rayonnants (24), pondérée par l'aire de la surface projetée maximum sur un plan vertical de chaque aileron, qui est :
 - supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas de présence d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière basé sur l'énergie éolienne et/ou sur l'énergie solaire et ne nécessitant pas l'usage simultané pour la propulsion à cette vitesse
30 d'un moteur utilisant un combustible embarqué,
 - supérieure à 30% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière exclusivement basé sur un moteur utilisant un combustible embarqué,

onzièmement un ensemble d'accéléromètres (6) pour la mesure d'accélération linéaire, fixés à la structure du bâtiment de manière à mesurer d'une part l'accélération verticale (vers le haut / vers le bas) en au moins trois points éloignés et non colinéaires du bâtiment, d'autre part l'accélération latérale (vers bâbord / vers tribord) en au moins deux points éloignés, l'un vers l'avant du bâtiment, l'autre vers l'arrière,

et ayant une longueur suffisante, eu égard à la hauteur à laquelle sont situés ces ailerons,

neuvièmement un ensemble de **carénages pivotants** profilés (45) qui enveloppent individuellement chacun des pylônes porteurs (16) et chacun des mâts (26) porte-ailerons orientables, tels que :

- chaque carénage pivotant (45) est guidé en rotation autour de l'élément enveloppé (16) ou (26) au moyen d'organes de guidage solidaires de cet élément et ce carénage (45) a son centre de portance hydrodynamique suffisamment éloigné en aval de son axe de pivotement pour s'orienter spontanément dans le lit du courant comme une girouette s'oriente dans le lit du vent,
- pour chaque flotteur immergé (1) du dispositif porteur, la somme des surfaces frontales des carénages pivotants (45) (la surface frontale de chaque carénage est l'aire de sa projection sur un plan normal à son plan vertical de symétrie) relatifs aux pylônes porteurs (16) supportés par ce flotteur est inférieure à 20% de l'aire minimum de la section verticale du passage de bâbord à tribord entre ce flotteur et la plate-forme habitable (2), passage limité à leur aplomb commun,

dixièmement des **ailerons orientables** (27), (29) immergés à force de portance hydrodynamique, en forme d'aile ou de tuyère, chacun ayant au moins un axe pivot (28) ou (30) solidaire d'un élément de la structure du bâtiment, le cas échéant par l'intermédiaire d'un mât (26) porte-ailerons orientables, et étant orienté par un mécanisme d'entraînement direct ou bien par la force de portance hydrodynamique d'un volet de bord de fuite braqué par un mécanisme d'entraînement, ces ailerons orientables étant tels que :

- le point le plus haut de chaque aileron (27), (29), pour toute orientation de cet aileron, est situé à une hauteur inférieure ou égale à celle du point le plus haut du dispositif porteur précité,
- l'ensemble des ailerons orientables à portance verticale (27) possède une distance moyenne pondérée de ces ailerons au centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des bras rayonnants (24), pondérée par l'aire de la surface projetée maximum sur un plan horizontal de chaque aileron, qui est :
 - supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas de présence d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière basé sur l'énergie éolienne et/ou sur l'énergie solaire et ne nécessitant pas l'usage simultané pour la propulsion à cette vitesse d'un moteur utilisant un combustible embarqué,
 - supérieure à 30% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière exclusivement basé sur un moteur utilisant un combustible embarqué,
- l'ensemble des ailerons orientables à portance horizontale (29) possède une distance moyenne pondérée de ces ailerons au centre de gravité du polygone ayant pour sommets les extrémités périphériques des bras rayonnants (24), pondérée par l'aire de la surface projetée maximum sur un plan vertical de chaque aileron, qui est :
 - supérieure à 50% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas de présence d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière basé sur l'énergie éolienne et/ou sur

douzièmement un ensemble de **dispositifs de mesure d'altitude** (7) du bâtiment par rapport à l'altitude de la surface de l'eau environnante, fixés à la structure de celui-ci et répartis en au moins trois points éloignés et non colinéaires,

treizièmement un dispositif automatique **contrôleur d'assiette et de trajectoire** :

- 5 • comportant un calculateur électronique (43) relié :
- aux dispositifs de mesure d'accélération (6) et d'altitude (7),
 - aux actionneurs réglant l'orientation des ailerons orientables (27), (29),
 - et, si la longueur hors-tout précitée du dispositif porteur est supérieure à 6 m, également relié aux actionneurs réglant la position horizontale du centre de gravité des masses
- 10 mobiles du dispositif d'équilibrage décrit au septièmement,
- et ce calculateur exécute un logiciel élaborant en temps réel les ordres à envoyer aux actionneurs pour le contrôle de l'assiette et de la trajectoire du bâtiment, ordres calculés à partir des mesures reçues des dispositifs de mesure précités.

15 quatorzièmement un **dispositif principal de propulsion** à énergie éolienne muni de dispositifs régulateurs d'efforts à loi de comportement élastique, éventuellement complété d'un dispositif auxiliaire de propulsion à moteur dont la puissance n'excède pas deux kilowatts par mètre de longueur hors-tout du dispositif porteur, précitée au deuxièmement.

2) Revendication dont le texte est identique à celui de la revendication 1, sauf que le texte de l'alinéa "quatorzièmement" ci-dessus, concernant le mode de propulsion éolienne, est ici remplacé

20 par le texte suivant :

quatorzièmement un **dispositif principal de propulsion** comportant un nombre quelconque (1, 2 ou 3) de modes de propulsion parmi le mode de propulsion à moteur utilisant un combustible embarqué, le mode de propulsion à appendices à portance aérodynamique utilisant l'énergie éolienne, le mode de propulsion à dispositif de conversion de l'énergie du

25 rayonnement solaire capté à bord en énergie mécanique.

3) Dispositif pour naviguer sur l'eau qui, à partir d'une certaine vitesse, d'une part a son poids entièrement supporté par un ou plusieurs flotteurs profilés (1) complètement immergés et maintenus chacun par un ou plusieurs pylônes porteurs (16) munis d'un carénage hydrodynamique mobile individuel (45) pivotant comme une girouette sous l'effet du courant et d'autre part dont

30 l'équilibre et la stabilité sont assurés par des appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique, certains de ces appendices étant supportés en partie basse de mâts (26) munis chacun d'un carénage hydrodynamique mobile (45) pivotant aussi comme une girouette sous l'effet du courant et certains de ces mâts (26) étant supportés par des bras (24) les maintenant à une distance du plan vertical de symétrie bâbord-tribord du bâtiment qui est supérieure au tiers de la

35 longueur hors-tout du ou des flotteurs immergés (1).

4) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

l'énergie solaire et ne nécessitant pas l'usage simultané pour la propulsion à cette vitesse d'un moteur utilisant un combustible embarqué,

- supérieure à 30% de la longueur hors-tout du dispositif porteur précité en cas d'appareil propulsif pour la vitesse de croisière exclusivement basé sur un moteur utilisant un combustible embarqué,

5

onzièmement un ensemble d'accéléromètres (6) pour la mesure d'accélération linéaire, fixés à la structure du bâtiment de manière à mesurer d'une part l'accélération verticale (vers le haut / vers le bas) en au moins trois points éloignés et non colinéaires du bâtiment, d'autre part l'accélération latérale (vers bâbord / vers tribord) en au moins deux points éloignés, l'un vers l'avant du bâtiment,

10

l'autre vers l'arrière,

douzièmement un ensemble de dispositifs de mesure d'altitude (7) du bâtiment par rapport à l'altitude de la surface de l'eau environnante, fixés à la structure de celui-ci et répartis en au moins trois points éloignés et non colinéaires,

treizièmement un dispositif automatique contrôleur d'assiette et de trajectoire :

- 15 • comportant un calculateur électronique (43) relié :

- aux dispositifs de mesure d'accélération (6) et d'altitude (7),
- aux actionneurs réglant l'orientation des ailerons orientables (27), (29),
- et, si la longueur hors-tout précitée du dispositif porteur est supérieure à 6 m, également relié aux actionneurs réglant la position horizontale du centre de gravité des masses mobiles du dispositif d'équilibrage décrit au septièmement,

20

- et ce calculateur exécute un logiciel élaborant en temps réel les ordres à envoyer aux actionneurs pour le contrôle de l'assiette et de la trajectoire du bâtiment, ordres calculés à partir des mesures reçues des dispositifs de mesure précités.

- 25 **3)** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de propulsion à énergie éolienne muni de dispositifs régulateurs d'efforts à loi de comportement élastique.

- 30 **4)** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un appendice propulsif éolien (19) ou (21) à effet de portance aérodynamique est muni d'un câble de retenue (22) ou (23) tiré par un mécanisme régulateur d'effort (9) à loi de comportement élastique régulant la valeur du moment de la force de traction dans ce câble par rapport à l'axe de rotation de cet appendice éolien lorsque l'orientation de ce dernier varie, et en ce que le bâti de ce régulateur (9) est solidaire de la structure du bâtiment ou est solidaire d'un espar dont la position n'est pas modifiée par les variations d'orientation du dit appendice éolien.

- 35 **5)** Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le mécanisme (9) à loi de comportement élastique comprend d'une part un dispositif utilisant l'élasticité d'un matériau ou la compressibilité d'un gaz qui fournit le principal de la force de traction et comprend d'autre part un

- 5) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'un appendice propulsif éolien (19) ou (21) à effet de portance aérodynamique est muni d'un câble de retenue (22) ou (23) tiré par un mécanisme régulateur d'effort (9) à loi de comportement élastique régulant la valeur du moment de la force de traction dans ce câble par rapport à l'axe de rotation de cet appendice éolien lorsque l'orientation de ce dernier varie, et en ce que le bâti de ce régulateur (9) est solidaire de la structure du bâtiment ou est solidaire d'un espar dont la position n'est pas modifiée par les variations d'orientation du dit appendice éolien.
- 6) Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le mécanisme (9) à loi de comportement élastique comprend d'une part un dispositif utilisant l'élasticité d'un matériau ou la compressibilité d'un gaz qui fournit le principal de la force de traction et comprend d'autre part un dispositif auxiliaire de contribution au positionnement du câble de retenue, et en ce que ce dispositif auxiliaire est muni d'un actionneur avec mécanisme de transmission de force ou de couple à intensité plafonnée à une valeur précise pour laquelle il y a glissement sous force ou couple constants, cet actionneur étant commandé par le logiciel du calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire auquel il est relié par un moyen de communication, l'organe de sortie de ce mécanisme de transmission étant muni d'un capteur de position, lui aussi relié de même manière à ce calculateur.
- 7) Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif régulateur d'effort (9) à loi de comportement élastique comporte un tambour (10) tournant librement au moyen d'organes de guidage en rotation autour d'un axe fixe par rapport à la structure du bâtiment, ce tambour comportant deux pistes en forme de cames multitours à profils différents recevant les enroulements antagonistes du câble (22) ou (23) de retenue de l'appendice éolien et d'un second câble (13), et en ce que ce câble (13) a son extrémité opposée à l'enroulement qui est ancrée à un point fixe par rapport à la structure du bâtiment par l'intermédiaire d'un vérin pneumatique (70), ce vérin étant relié par une canalisation (71) à un réservoir d'air comprimé (72) de volume très supérieur à celui de la chambre du vérin, la pression moyenne du gaz dans ce réservoir étant réglable par des vannes (75) et (77), un compresseur (73) et un manomètre (76) ou bien par une ou plusieurs bouteilles de gaz fortement comprimé associée(s) à un détendeur à pression de sortie réglable.
- 8) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un mât (18) pivotant sur un angle supérieur à 270°, les câbles éventuels maintenant ce mât dressé étant ancrés à ce dernier par des ferrures tournantes sur butées à roulement et en ce que des chandeliers verticaux (55) avec manchons cylindriques tournant librement sont implantés sur la plate-forme habitable (2) ou sur des bras rayonnants (24) et interceptent au passage les écoutes (22) ou (23) en les obligeant à modifier la direction de leur force de traction lorsqu'elles parviennent vers l'avant du bâtiment.
- 9) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des flotteurs auxiliaires (3) fixés par une liaison mobile à plusieurs positions verrouillables permettant de rapprocher ces flotteurs (3) du centre du bâtiment lorsque ce dernier est à l'arrêt, et en ce qu'il comporte des bras rayonnants (24) munis de tronçons mobiles permettant de réduire l'encombrement horizontal du bâtiment lorsque celui-ci est à l'arrêt.

dispositif auxiliaire de contribution au positionnement du câble de retenue, et en ce que ce dispositif auxiliaire est muni d'un actionneur avec mécanisme de transmission de force ou de couple à intensité plafonnée à une valeur précise pour laquelle il y a glissement sous force ou couple constants, cet actionneur étant commandé par le logiciel du calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire auquel il est relié par un moyen de communication, l'organe de sortie de ce mécanisme de transmission étant muni d'un capteur de position, lui aussi relié de même manière à ce calculateur.

6) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif régulateur d'effort (9) à loi de comportement élastique comporte un tambour (10) tournant librement au moyen d'organes de guidage en rotation autour d'un axe fixe par rapport à la structure du bâtiment, ce tambour comportant deux pistes en forme de cames multitours à profils différents recevant les enroulements antagonistes du câble (22) ou (23) de retenue de l'appendice éolien et d'un second câble (13), et en ce que ce câble (13) a son extrémité opposée à l'enroulement qui est ancrée à un point fixe par rapport à la structure du bâtiment par l'intermédiaire d'un vérin pneumatique (70), ce vérin étant relié par une canalisation (71) à un réservoir d'air comprimé (72) de volume très supérieur à celui de la chambre du vérin, la pression moyenne du gaz dans ce réservoir étant réglable par des vannes (75) et (77), un compresseur (73) et un manomètre (76) ou bien par une ou plusieurs bouteilles de gaz fortement comprimé associée(s) à un détendeur à pression de sortie réglable.

7) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un mât (18) pivotant sur un angle supérieur à 270°, les câbles éventuels maintenant ce mât dressé étant ancrés à ce dernier par des ferrures tournantes sur butées à roulement et en ce que des chandeliers verticaux (55) avec manchons cylindriques tournant librement sont implantés sur la plate-forme habitable (2) ou sur des bras rayonnants (24) et interceptent au passage les écoute (22) ou (23) en les obligeant à modifier la direction de leur force de traction lorsqu'elles parviennent vers l'avant du bâtiment.

8) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des flotteurs auxiliaires (3) fixés par une liaison mobile à plusieurs positions verrouillables permettant de rapprocher ces flotteurs (3) du centre du bâtiment lorsque ce dernier est à l'arrêt, et en ce qu'il comporte des bras rayonnants (24) munis de tronçons mobiles permettant de réduire l'encombrement horizontal du bâtiment lorsque celui-ci est à l'arrêt.

9) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des fixations des mâts (26) porte-appendices orientables à effet de portance hydrodynamique constituées chacune d'une charnière à axe horizontal (163) avec dispositif de verrouillage amovible du mât en position sensiblement verticale et ce verrouillage amovible permettant de relever ces mâts (26) et/ou en ce qu'il comporte un mécanisme à liaison mobile verticalement avec verrouillage amovible, réglable en hauteur à plusieurs positions, permettant de réduire la distance verticale entre la plate-forme habitable (2) et le ou les flotteurs immergés (1) afin de réduire le tirant d'eau lorsque le bâtiment est dans un port.

10) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un

10) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des fixations des mâts (26) porte-appendices orientables à effet de portance hydrodynamique constituées chacune d'une charnière à axe horizontal (163) avec dispositif de verrouillage amovible du mât en position sensiblement verticale et ce verrouillage amovible permettant de relever ces mâts (26) et/ou en ce qu'il comporte un mécanisme à liaison mobile verticalement avec verrouillage amovible, réglable en hauteur à plusieurs positions, permettant de réduire la distance verticale entre la plate-forme habitable (2) et le ou les flotteurs immergés (1) afin de réduire le tirant d'eau lorsque le bâtiment est dans un port.

11) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un carénage (45) mobile et pivotant comme une girouette sous l'effet du courant, enveloppant un pylône porteur (16) ou un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique, carénage qui est de forme générale profilée hydrodynamique et à section horizontale constante le long de sa hauteur ou d'aire croissante de bas en haut le long de cette hauteur, certaines zones de cette dernière étant cependant éventuellement renflées localement pour permettre de loger à l'intérieur du carénage des organes (46) de guidage en rotation de ce carénage ou, dans le cas d'un carénage entourant un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à portance hydrodynamique, pour permettre de loger des organes du mécanisme de commande d'orientation de ces appendices ou de commande de l'angle dièdre formé par chaque appendice avec son éventuel volet de bord de fuite (31) ou (32).

12) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des carénages pivotants (45) guidés à leur extrémité haute par un ou des roulements à billes ou à rouleaux (46) et guidés à leur extrémité basse par un roulement à aiguilles sans bague interne roulant directement sur la colonne (16), (26) ou (37) et en ce que ces roulements sont munis de joints d'étanchéité et sont lubrifiés avec interdiction d'entrée d'eau par un circuit de graissage sous pression supérieure à la plus forte pression extérieure environnante susceptible d'être rencontrée.

13) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le pied d'un carénage pivotant (45) enveloppant un pylône porteur (16) se termine par un moyeu tubulaire, éventuellement renflé pour accueillir le logement de l'organe inférieur (46) de guidage en rotation de ce carénage, et en ce que ce moyeu est entièrement masqué par rapport au courant grâce à sa pénétration avec jeu dans un logement ménagé sur le dessus du flotteur immergé (1) supportant ce pylône porteur (16), ce logement étant fermé en haut par un couvercle encastré affleurant le dessus du flotteur (1) et ce couvercle, démontable en plusieurs parties, étant fixé à la paroi de ce flotteur par des vis et étant muni d'un joint anti-intrusion de corps étrangers frottant contre la face cylindrique externe du moyeu précité.

14) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte une bague cylindrique emmanchée dans un organe de guidage en rotation (46) d'un carénage pivotant (45) qui est excentrée par rapport à l'axe de la colonne du pylône porteur (16) ou du mât (26) porte-appendices orientables à effet de portance hydrodynamique (27), (29) ou du mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36), colonne sur laquelle cette bague est elle-même emmanchée et immobilisée, et en ce que le balourd de cette bague comporte un ou plusieurs orifices verticaux livrant passage à

carénage (45) mobile et pivotant comme une girouette sous l'effet du courant, enveloppant un pylône porteur (16) ou un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique, carénage qui est de forme générale profilée hydrodynamique et à section horizontale constante le long de sa hauteur ou d'aire croissante de bas en haut le long de cette
5 hauteur, certaines zones de cette dernière étant cependant éventuellement renflées localement pour permettre de loger à l'intérieur du carénage des organes (46) de guidage en rotation de ce carénage ou, dans le cas d'un carénage entourant un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à portance hydrodynamique, pour permettre de loger des organes du mécanisme de commande d'orientation de ces appendices ou de commande de l'angle dièdre formé par chaque appendice
10 avec son éventuel volet de bord de fuite (31) ou (32).

11) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des carénages pivotants (45) guidés à leur extrémité haute par un ou des roulements à billes ou à rouleaux (46) et guidés à leur extrémité basse par un roulement à aiguilles sans bague interne roulant directement sur la colonne (16), (26) ou (37) et en ce que ces roulements sont munis de
15 joints d'étanchéité et sont lubrifiés avec interdiction d'entrée d'eau par un circuit de graissage sous pression supérieure à la plus forte pression extérieure environnante susceptible d'être rencontrée.

12) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le pied d'un carénage pivotant (45) enveloppant un pylône porteur (16) se termine par un moyeu tubulaire, éventuellement renflé pour accueillir le logement de l'organe inférieur (46) de guidage en rotation
20 de ce carénage, et en ce que ce moyeu est entièrement masqué par rapport au courant grâce à sa pénétration avec jeu dans un logement ménagé sur le dessus du flotteur immergé (1) supportant ce pylône porteur (16), ce logement étant fermé en haut par un couvercle encastré affleurant le dessus du flotteur (1) et ce couvercle, démontable en plusieurs parties, étant fixé à la paroi de ce flotteur
25 par des vis et étant muni d'un joint anti-intrusion de corps étrangers frottant contre la face cylindrique externe du moyeu précité.

13) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une bague cylindrique emmanchée dans un organe de guidage en rotation (46) d'un carénage pivotant (45) qui est excentrée par rapport à l'axe de la colonne du pylône porteur (16) ou du mât (26) porte-appendices orientables à effet de portance hydrodynamique (27), (29) ou du mât (37)
30 porte-girouettes hydrauliques (35), (36), colonne sur laquelle cette bague est elle-même emmanchée et immobilisée, et en ce que le balourd de cette bague comporte un ou plusieurs orifices verticaux livrant passage à un ou des câbles, canalisations ou arbres de transmission mécanique reliant l'élément supérieur et l'élément inférieur du bâtiment qui sont solidarisés par la colonne (16), (26) ou (37) précitée.

14) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un carénage pivotant (45) autour d'un pylône porteur (16), d'un mât (26) porte-appendices orientables à effet de portance hydrodynamique (27), (29) ou d'un mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36) qui est muni d'une lumière verticale (56) traversant ce carénage de haut en bas, distincte de la lumière par laquelle le traverse la colonne (16), (26) ou (37) formant pivot et située en aval de
40 celle-ci, cette lumière aval (56) livrant passage à un ou des câbles, canalisations ou arbres de

un ou des câbles, canalisations ou arbres de transmission mécanique reliant l'élément supérieur et l'élément inférieur du bâtiment qui sont solidarisés par la colonne (16), (26) ou (37) précitée.

5 **15)** Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un carénage pivotant (45) autour d'un pylône porteur (16), d'un mât (26) porte-appendices orientables à effet de portance hydrodynamique (27), (29) ou d'un mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36) qui est muni d'une lumière verticale (56) traversant ce carénage de haut en bas, distincte de la lumière par laquelle le traverse la colonne (16), (26) ou (37) formant pivot et située en aval de celle-ci, cette lumière aval (56) livrant passage à un ou des câbles, canalisations ou arbres de transmission mécanique (57) reliant l'élément supérieur et l'élément inférieur du bâtiment qui sont solidarisés par
10 cette colonne, la section horizontale de cette lumière aval (56) ayant une forme et des dimensions permettant le débattement angulaire du carénage pivotant (45) malgré la présence de ces câbles, canalisations ou arbres de transmission mécanique (57).

16) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'équilibrage à masses mobiles comprenant des réservoirs (4) partiellement remplis d'eau qui sont situés dans des
15 flotteurs auxiliaires (3), en ce que ces réservoirs sont reliés entre eux par des canalisations convergeant dans une chambre d'intercommunication, chacune de ces canalisations étant munie d'une pompe bidirectionnelle commandée par le logiciel du calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire auquel cette pompe est reliée par un moyen de communication, et en ce que ce dispositif d'équilibrage comprend en outre des capteurs également
20 reliés au calculateur précité pour la mesure de la répartition de l'eau entre ces réservoirs (4).

17) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte une liaison entre d'une part un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique ou un mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36) et d'autre part l'élément de structure supérieur du bâtiment qui est constituée par deux plaques superposées (149) et (150), solidarisées non seulement
25 par un dispositif anti-glissement constitué par des billes (152) ou par des ergots encastrés dans l'une des plaques et engagés dans des logements (153) de l'autre plaque en vis-à-vis, mais aussi par un dispositif anti-décollement comprenant des câbles de traction (154) à force de rupture calibrée tendus par un ressort (157).

18) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte une liaison entre d'une part
30 un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique ou un mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36) et d'autre part l'élément de structure supérieur du bâtiment qui est constituée par une charnière de sécurité à axe horizontal (163) comprenant non seulement une butée limitant la rotation du mât (26) ou (37) vers l'amont sensiblement à la verticale, mais aussi un dispositif à limitation d'effort par force d'attraction magnétique utilisant un
35 aimant permanent (167) avec armature mobile (166) pour le maintien de l'appui du mât contre la butée précitée jusqu'à un couple maximum donné.

19) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte deux ailerons orientables complémentaires à effet de portance hydrodynamique groupés par paire en partie basse d'un mât (26) plongeant dans l'eau, mât qui est solidaire de l'extrémité d'un bras rayonnant (24), soit

transmission mécanique (57) reliant l'élément supérieur et l'élément inférieur du bâtiment qui sont solidarisés par cette colonne, la section horizontale de cette lumière aval (56) ayant une forme et des dimensions permettant le débattement angulaire du carénage pivotant (45) malgré la présence de ces câbles, canalisations ou arbres de transmission mécanique (57).

- 5 **15)** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'équilibrage à masses mobiles comprenant des réservoirs (4) partiellement remplis d'eau qui sont situés dans des flotteurs auxiliaires (3), en ce que ces réservoirs sont reliés entre eux par des canalisations convergeant dans une chambre d'intercommunication, chacune de ces canalisations étant munie d'une pompe bidirectionnelle commandée par le logiciel du calculateur
- 10 électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire auquel cette pompe est reliée par un moyen de communication, et en ce que ce dispositif d'équilibrage comprend en outre des capteurs également reliés au calculateur précité pour la mesure de la répartition de l'eau entre ces réservoirs (4).
- 16)** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte
- 15 une liaison entre d'une part un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique ou un mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36) et d'autre part l'élément de structure supérieur du bâtiment qui est constituée par deux plaques superposées (149) et (150), solidarisées non seulement par un dispositif anti-glissement constitué par des billes (152) ou par des ergots encastrés dans l'une des plaques et engagés dans des logements (153) de l'autre plaque
- 20 en vis-à-vis, mais aussi par un dispositif anti-décollement comprenant des câbles de traction (154) à force de rupture calibrée tendus par un ressort (157).
- 17)** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une liaison entre d'une part un mât (26) porte-appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique ou un mât (37) porte-girouettes hydrauliques (35), (36) et d'autre part l'élément de
- 25 structure supérieur du bâtiment qui est constituée par une charnière de sécurité à axe horizontal (163) comprenant non seulement une butée limitant la rotation du mât (26) ou (37) vers l'amont sensiblement à la verticale, mais aussi un dispositif à limitation d'effort par force d'attraction magnétique utilisant un aimant permanent (167) avec armature mobile (166) pour le maintien de l'appui du mât contre la butée précitée jusqu'à un couple maximum donné.
- 18)** Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte deux ailerons orientables complémentaires à effet de portance hydrodynamique groupés par paire en partie basse d'un mât (26) plongeant dans l'eau, mât qui est solidaire de l'extrémité d'un bras rayonnant (24), soit directement, soit par l'intermédiaire du flotteur auxiliaire (3) attenant, cette
- 30 paire d'ailerons étant composée d'un aileron (29) à axe de rotation vertical (30) et d'un aileron (27) à axe de rotation horizontal (28) parallèle à la direction bâbord-tribord, et en ce que l'aileron (29) est situé au-dessus de l'aileron (27).

19) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un aileron orientable (27) ou (29) à effet de portance hydrodynamique dont l'axe de rotation est situé à une distance du bord d'attaque comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur de la corde

directement, soit par l'intermédiaire du flotteur auxiliaire (3) attenant, cette paire d'ailerons étant composée d'un aileron (29) à axe de rotation vertical (30) et d'un aileron (27) à axe de rotation horizontal (28) parallèle à la direction bâbord-tribord, et en ce que l'aileron (29) est situé au-dessus de l'aileron (27).

- 5 **20)** Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un aileron orientable (27) ou (29) à effet de portance hydrodynamique dont l'axe de rotation est situé à une distance du bord d'attaque comprise entre un cinquième et un tiers de la longueur de la corde du profil, en ce que cet aileron orientable est muni d'un volet de bord de fuite, respectivement (31) ou (32) et en ce que l'angle dièdre de chaque couple de plans porteurs de l'aileron et du volet associé est imposé par un actionneur commandé par le logiciel du calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire auquel cet actionneur est relié par un moyen de communication, ce calculateur étant d'autre part également relié par un moyen de communication à un capteur de mesure angulaire de cet angle dièdre, et dans le cas d'un aileron (29) à axe de rotation vertical (30), ce calculateur étant en outre relié de la même manière à un capteur mesurant l'angle de rotation de l'aileron (29) par rapport au mât (26) porte-ailerons orientables.

- 20 **21)** Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que chaque actionneur cité par cette revendication 20 a son bâti solidaire du mât (26) porte-ailerons orientables (27), (29) ou du flotteur auxiliaire (3) attenant ou de l'extrémité du bras rayonnant (24) et en ce que cet actionneur règle l'angle de rotation d'un arbre de transmission rotatif vertical ou quasi-vertical (95) ou (104), cet arbre longeant le mât (26) porte-ailerons orientables à l'abri d'une lumière du carénage pivotant (45) et traversant le cas échéant l'aileron orientable supérieur (29) par un passage ménagé le long du mât (26) dans cet aileron, l'extrémité inférieure de l'arbre de transmission étant solidaire de l'organe d'entrée d'un mécanisme de transmission du mouvement de rotation au volet de bord de fuite (31) ou (32) concerné.

- 25 **22)** Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce que le mécanisme de transmission du mouvement de rotation entre l'arbre rotatif (95) ou (104) et le volet de bord de fuite (32) ou (31) respectivement comprend un quadrilatère articulé comportant un guidon menant (97) ou (106) respectivement, un guidon mené (101) ou (110) respectivement et une ou deux bielles d'égales longueurs, d'une part (99) et/ou (103) pour la commande du volet (32) et d'autre part (108) et/ou 30 (112) pour la commande du volet (31).

- 23)** Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des organes de guidage d'articulations immergées ou exposées à l'eau qui sont protégées par joints d'étanchéité et interdiction d'entrée d'eau au moyen d'un circuit de distribution de lubrifiant sous pression supérieure derrière le joint, pression tantôt entretenue en navigation par un pressostat et tantôt 35 entretenue au port soit par la pression hydrostatique d'un circuit de lubrifiant dont la surface libre est située en hauteur dans un réservoir et laissée à la pression atmosphérique, soit par des bouteilles de gaz comprimé avec détendeur de pression, le circuit de mise en pression approprié étant sélectionné au moyen d'une vanne distributrice formant aiguillage.

- 24)** Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un arbre tournant qui

du profil, en ce que cet aileron orientable est muni d'un volet de bord de fuite, respectivement (31) ou (32) et en ce que l'angle dièdre de chaque couple de plans porteurs de l'aileron et du volet associé est imposé par un actionneur commandé par le logiciel du calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire auquel cet actionneur est relié par un moyen de communication, ce calculateur étant d'autre part également relié par un moyen de communication à un capteur de mesure angulaire de cet angle dièdre, et dans le cas d'un aileron (29) à axe de rotation vertical (30), ce calculateur étant en outre relié de la même manière à un capteur mesurant l'angle de rotation de l'aileron (29) par rapport au mât (26) porte-ailerons orientables.

20) Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que chaque actionneur cité par cette revendication 20 a son bâti solidaire du mât (26) porte-ailerons orientables (27), (29) ou du flotteur auxiliaire (3) attenant ou de l'extrémité du bras rayonnant (24) et en ce que cet actionneur règle l'angle de rotation d'un arbre de transmission rotatif vertical ou quasi-vertical (95) ou (104), cet arbre longeant le mât (26) porte-ailerons orientables à l'abri d'une lumière du carénage pivotant (45) et traversant le cas échéant l'aileron orientable supérieur (29) par un passage ménagé le long du mât (26) dans cet aileron, l'extrémité inférieure de l'arbre de transmission étant solidaire de l'organe d'entrée d'un mécanisme de transmission du mouvement de rotation au volet de bord de fuite (31) ou (32) concerné.

21) Dispositif selon la revendication 20, caractérisé en ce que le mécanisme de transmission du mouvement de rotation entre l'arbre rotatif (95) ou (104) et le volet de bord de fuite (32) ou (31) respectivement comprend un quadrilatère articulé comportant un guidon menant (97) ou (106) respectivement, un guidon mené (101) ou (110) respectivement et une ou deux bielles d'égales longueurs, d'une part (99) et/ou (103) pour la commande du volet (32) et d'autre part (108) et/ou (112) pour la commande du volet (31).

22) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des organes de guidage d'articulations immergées ou exposées à l'eau qui sont protégées par joints d'étanchéité et interdiction d'entrée d'eau au moyen d'un circuit de distribution de lubrifiant sous pression supérieure derrière le joint, pression tantôt entretenue en navigation par un pressostat et tantôt entretenue au port soit par la pression hydrostatique d'un circuit de lubrifiant dont la surface libre est située en hauteur dans un réservoir et laissée à la pression atmosphérique, soit par des bouteilles de gaz comprimé avec détendeur de pression, le circuit de mise en pression approprié étant sélectionné au moyen d'une vanne distributrice formant aiguillage.

23) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un arbre tournant qui traverse une paroi étanche immergée ou exposée à l'eau et qui est muni de deux joints d'étanchéité tournants montés en cascade l'un derrière l'autre entre lesquels règne un bain de lubrifiant, sous pression supérieure à la pression extérieure, amené par une canal dans la paroi relié à un réseau de distribution sous pression, la face interne de la paroi comportant sous l'arbre une gouttière avec entonnoir recueillant un éventuel suintement dans le compartiment étanche limité par cette paroi, cet entonnoir étant raccordé à un fin tube capillaire qui passe par un dispositif de contrôle d'absence de liquide amené par le tube et aboutissant à une chambre dans laquelle règne un vide relatif entretenu par une pompe aspirante.

traverse une paroi étanche immergée ou exposée à l'eau et qui est muni de deux joints d'étanchéité tournants montés en cascade l'un derrière l'autre entre lesquels règne un bain de lubrifiant, sous pression supérieure à la pression extérieure, amené par un canal dans la paroi relié à un réseau de distribution sous pression, la face interne de la paroi comportant sous l'arbre une gouttière avec entonnoir recueillant un éventuel suintement dans le compartiment étanche limité par cette paroi, cet entonnoir étant raccordé à un fin tube capillaire qui passe par un dispositif de contrôle d'absence de liquide amené par le tube et aboutissant à une chambre dans laquelle règne un vide relatif entretenu par une pompe aspirante.

25) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un accéléromètre double (6) - ou deux accéléromètres simples - mesurant d'une part l'accélération transversale verticale et d'autre part l'accélération transversale horizontale de direction bâbord-tribord, ces accéléromètres étant fixés près de l'extrémité périphérique d'un bras rayonnant (24), soit directement à la structure de ce bras, soit à celle du flotteur auxiliaire (3) attenant à ce bras, soit au mât (26) porte-ailerons orientables attenant à ce bras et qui sont reliés par un moyen de communication au calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire.

26) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la hauteur de plusieurs points du bâtiment par rapport au niveau local de la surface libre de l'eau est mesurée par des manomètres (7) de mesure de la pression statique fixés en partie basse de carénages pivotants (45), et/ou par des sonars aériens (34) à faisceaux ultrasonores ou à hyperfréquence sonore d'axes verticaux et à mesure du temps de retour d'écho par réflexion sur la surface de l'eau, ces sonars étant fixés en des points toujours émergés près de l'extrémité de bras rayonnants (24), soit directement sur ces bras, soit sur des flotteurs auxiliaires (3) attenants, directement ou par l'intermédiaire de perches (38).

27) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte une paire de girouettes hydrauliques (35) et (36) mesurant les composantes de la direction du courant en amont d'un flotteur immergé (1) selon deux directions perpendiculaires, chaque girouette hydraulique comportant un capteur de position angulaire qui est relié par un moyen de communication au calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire, les pivots de ces girouettes étant soit supportés par une perche horizontale solidaire du nez du flotteur (1) et coaxiale avec lui, soit supportés par un mât (37) plongeant verticalement dans l'eau en amont du flotteur immergé (1), ce mât étant enveloppé par un carénage pivotant (45) et étant fixé par son sommet à l'avant d'un support (33) solidaire de la structure du bâtiment et toujours émergé.

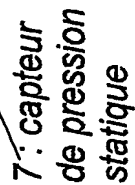
28) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte des équipements électriques ou électroniques du contrôleur d'assiette et de trajectoire qui sont enfermés dans un réseau de compartiments étanches reliés par des canalisations pour le passage de câbles électriques ou optiques et pour la circulation de l'air, lequel est constamment maintenu en surpression, en cours de navigation au moyen d'un pressostat avec maintien de cet air dans des fourchettes déterminées de température et d'hygrométrie en le faisant passer par des dispositifs de refroidissement et de déshumidification, et constamment maintenu en surpression au port par un détendeur relié à un réservoir de gaz comprimé et rechargeable.

- 24) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un accéléromètre double (6) - ou deux accéléromètres simples - mesurant d'une part l'accélération transversale verticale et d'autre part l'accélération transversale horizontale de direction bâbord-tribord, ces accéléromètres étant fixés près de l'extrémité périphérique d'un bras rayonnant (24), soit directement à la structure de ce bras, soit à celle du flotteur auxiliaire (3) attenant à ce bras, soit au mât (26) porte-ailerons orientables attenant à ce bras et qui sont reliés par un moyen de communication au calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire.
- 25) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la hauteur de plusieurs points du bâtiment par rapport au niveau local de la surface libre de l'eau est mesurée par des manomètres (7) de mesure de la pression statique fixés en partie basse de carénages pivotants (45), et/ou par des sonars aériens (34) à faisceaux ultrasonores ou à hyperfréquence sonore d'axes verticaux et à mesure du temps de retour d'écho par réflexion sur la surface de l'eau, ces sonars étant fixés en des points toujours émergés près de l'extrémité de bras rayonnants (24), soit directement sur ces bras, soit sur des flotteurs auxiliaires (3) attenants, directement ou par l'intermédiaire de perches (38).
- 26) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une paire de girouettes hydrauliques (35) et (36) mesurant les composantes de la direction du courant en amont d'un flotteur immergé (1) selon deux directions perpendiculaires, chaque girouette hydraulique comportant un capteur de position angulaire qui est relié par un moyen de communication au calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire, les pivots de ces girouettes étant soit supportés par une perche horizontale solidaire du nez du flotteur (1) et coaxiale avec lui, soit supportés par un mât (37) plongeant verticalement dans l'eau en amont du flotteur immergé (1), ce mât étant enveloppé par un carénage pivotant (45) et étant fixé par son sommet à l'avant d'un support (33) solidaire de la structure du bâtiment et toujours émergé.
- 27) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte des équipements électriques ou électroniques du contrôleur d'assiette et de trajectoire qui sont enfermés dans un réseau de compartiments étanches reliés par des canalisations pour le passage de câbles électriques ou optiques et pour la circulation de l'air, lequel est constamment maintenu en surpression, en cours de navigation au moyen d'un pressostat avec maintien de cet air dans des fourchettes déterminées de température et d'hygrométrie en le faisant passer par des dispositifs de refroidissement et de déshumidification, et constamment maintenu en surpression au port par un détendeur relié à un réservoir de gaz comprimé et rechargeable.
- 28) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un sonar aérien (34) à faisceau vertical ultrasonore ou à hyperfréquence sonore qui est fixé sur une perche (38) à l'avant d'un flotteur auxiliaire (3) de l'avant du bâtiment et qui mesure par réflexion sa distance à la surface de l'eau, ce sonar étant relié au calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire par un moyen de communication, et en ce que le logiciel de ce contrôleur est muni d'une fonction de contournement partiel des plus hautes vagues occasionnelles par adaptation passagère des ordres envoyés aux actionneurs d'orientation d'appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique.

- 29) Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un sonar aérien (34) à faisceau vertical ultrasonore ou à hyperfréquence sonore qui est fixé sur une perche (38) à l'avant d'un flotteur auxiliaire (3) de l'avant du bâtiment et qui mesure par réflexion sa distance à la surface de l'eau, ce sonar étant relié au calculateur électronique (43) du contrôleur d'assiette et de trajectoire par un moyen de communication, et en ce que le logiciel de ce contrôleur est muni d'une fonction de contournement partiel des plus hautes vagues occasionnelles par adaptation passagère des ordres envoyés aux actionneurs d'orientation d'appendices orientables (27), (29) à effet de portance hydrodynamique.

agrandi : x 10

**niveau moyen
de l'eau en
vitesse
rapide**



Mécanisme 9 (schéma)

-22/23 (écoute)

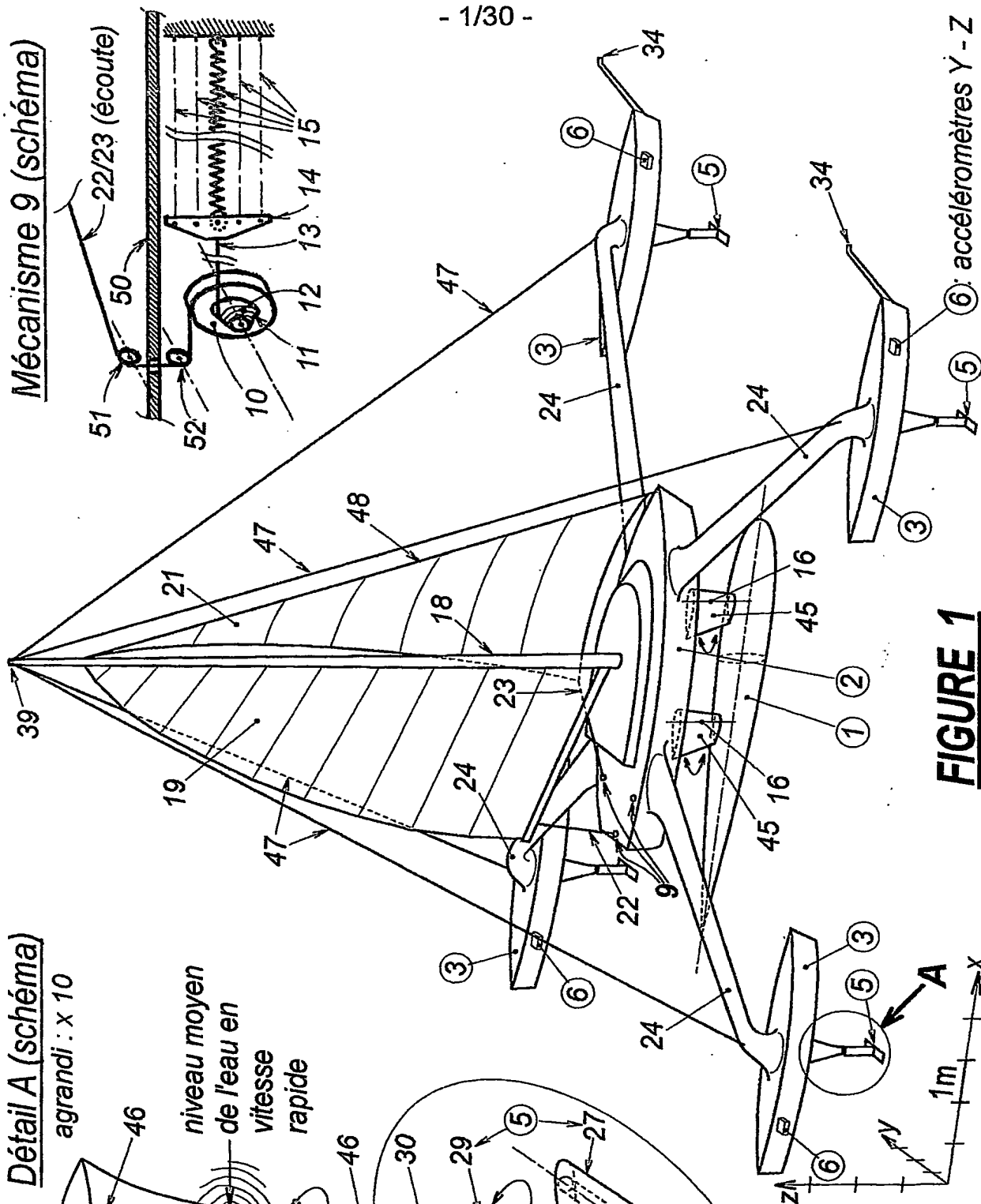


FIGURE 1

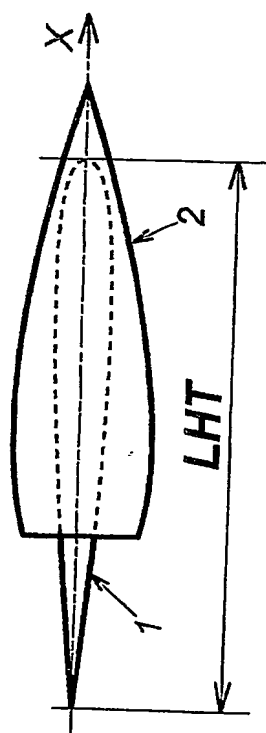


FIG. 2

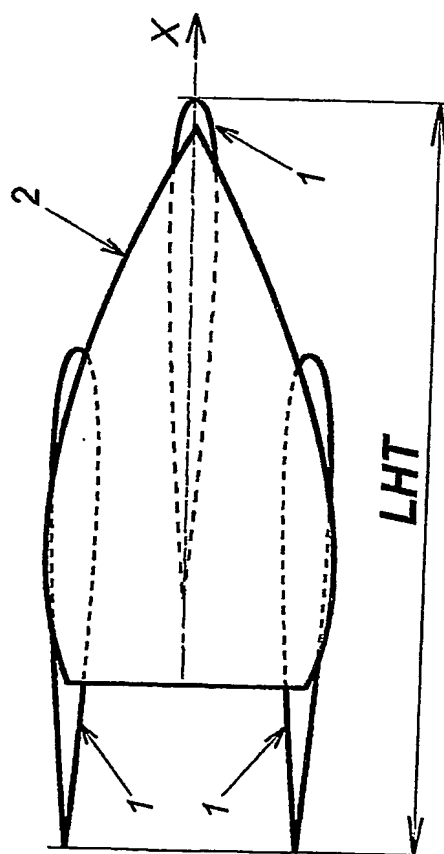


FIG. 3

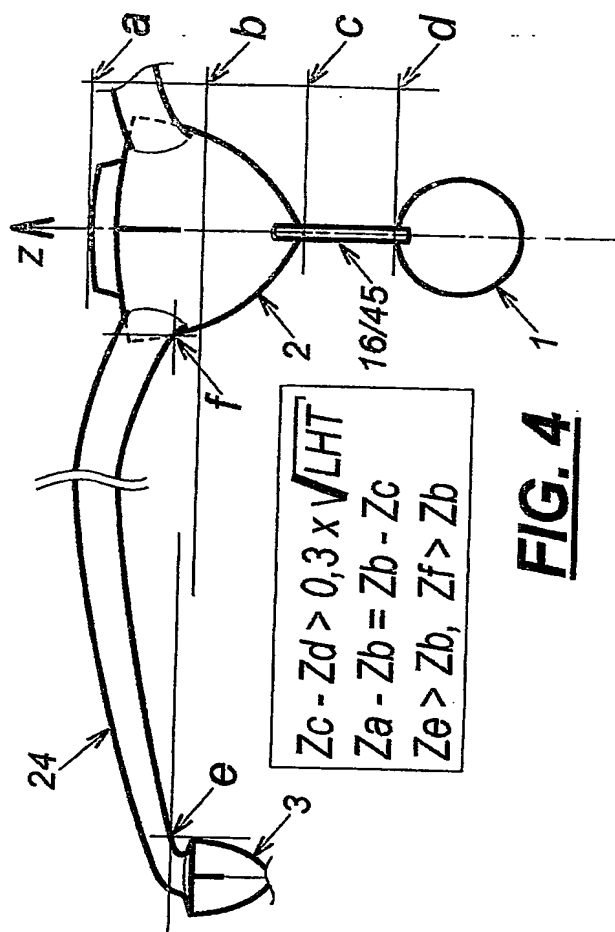


FIG. 4

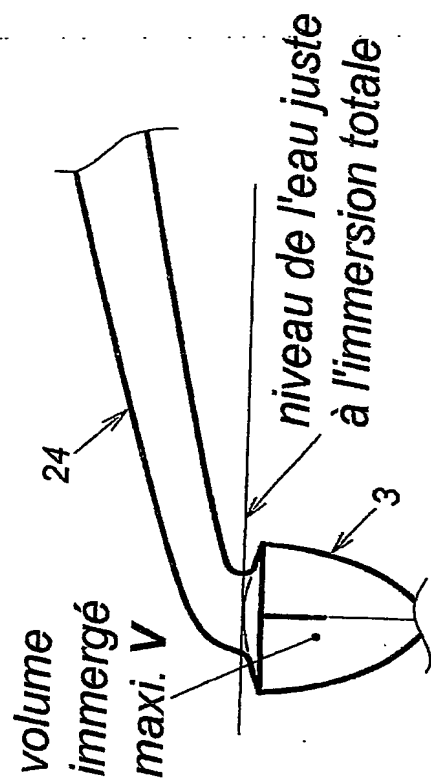


FIG. 5

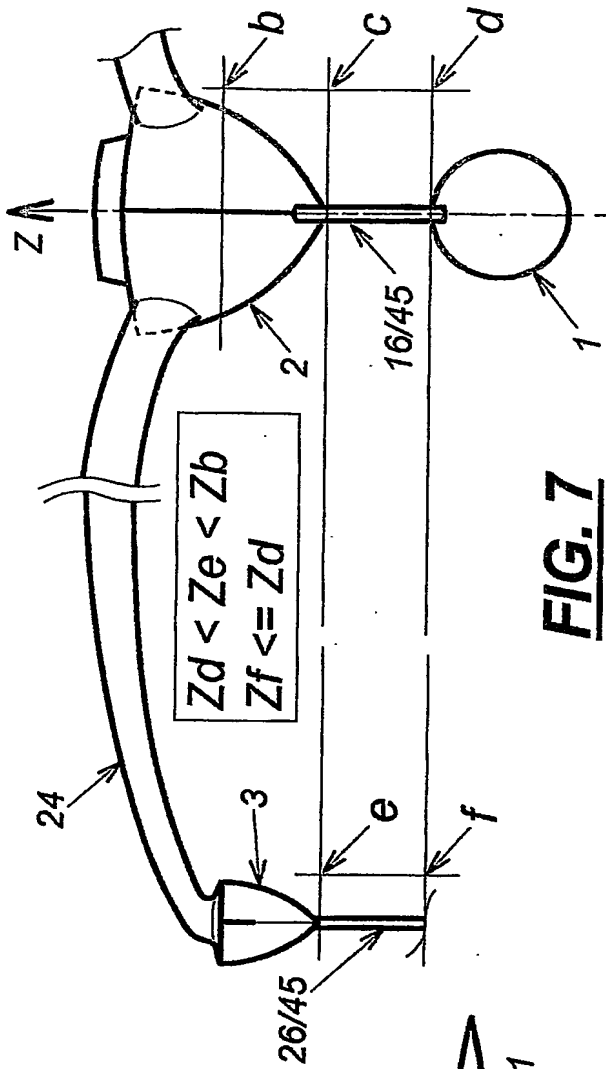


FIG. 7

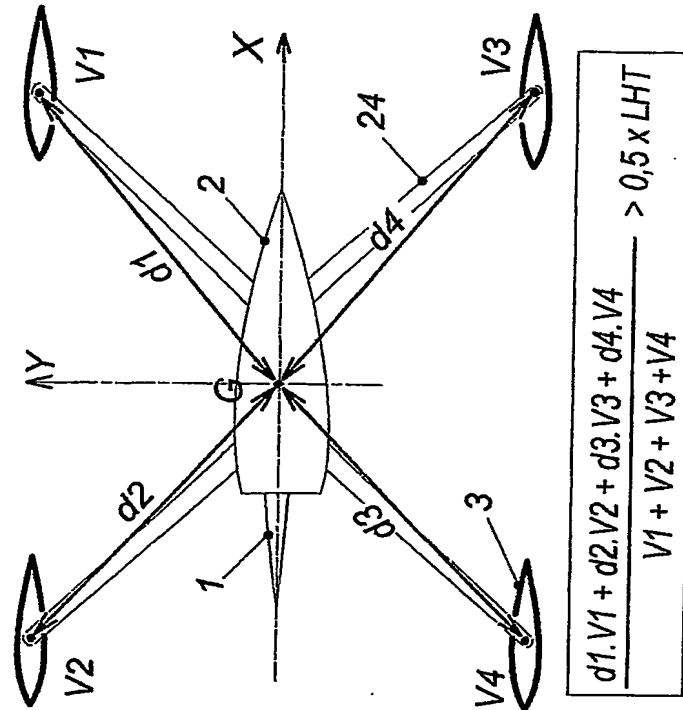


FIG. 6

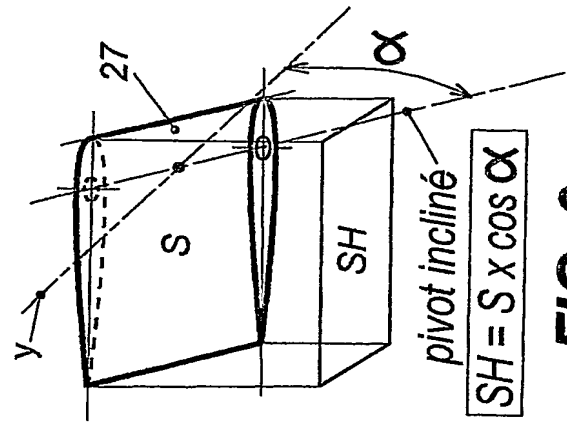


FIG. 9

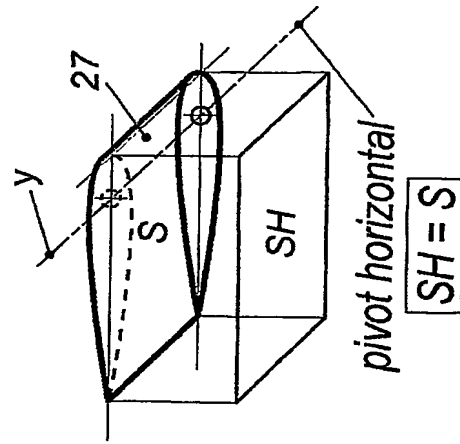
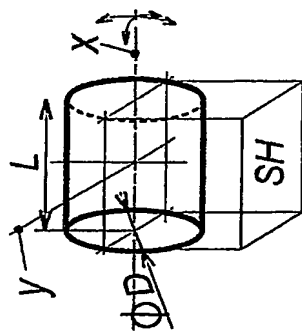
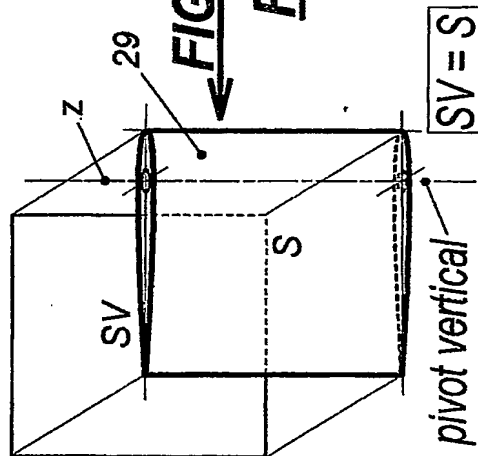


FIG. 8



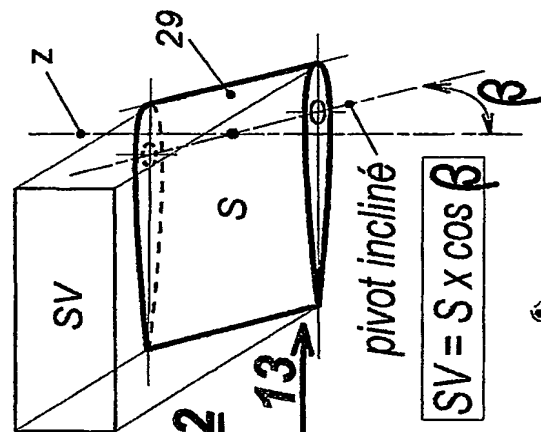
$$SH = D \times L$$

FIG. 10



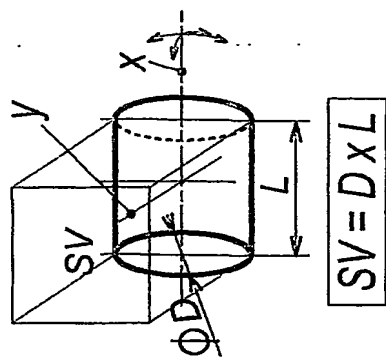
$$SV = S$$

FIG. 12



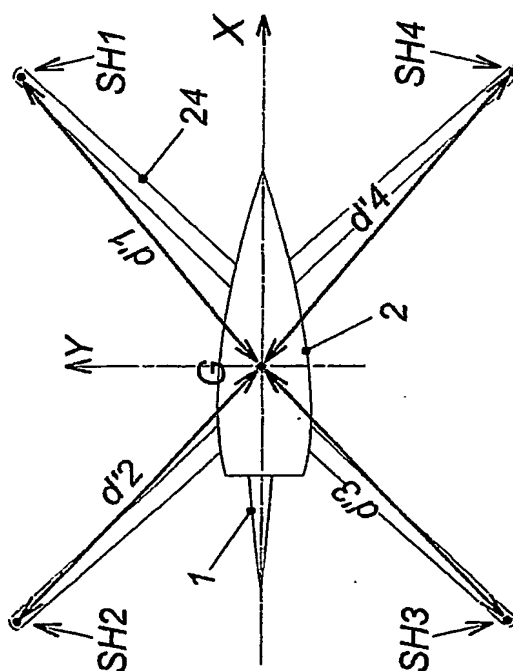
$$SV = S \times \cos \beta$$

FIG. 13



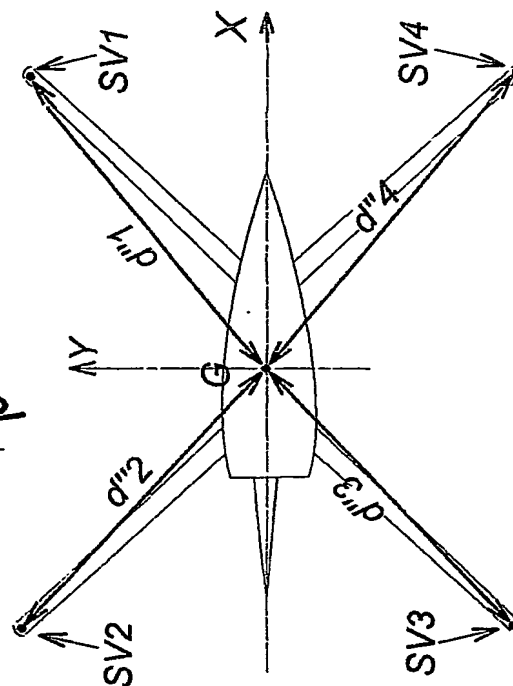
$$SV = D \times L$$

FIG. 14



$$\frac{d''1.SH1 + d''2.SH2 + d''3.SH3 + d''4.SH4}{SH1 + SH2 + SH3 + SH4} > 0,5 \times LHT$$

FIG. 11



$$\frac{d''1.SV1 + d''2.SV2 + d''3.SV3 + d''4.SV4}{SV1 + SV2 + SV3 + SV4} > 0,5 \times LHT$$

FIG. 15

FIG. 19

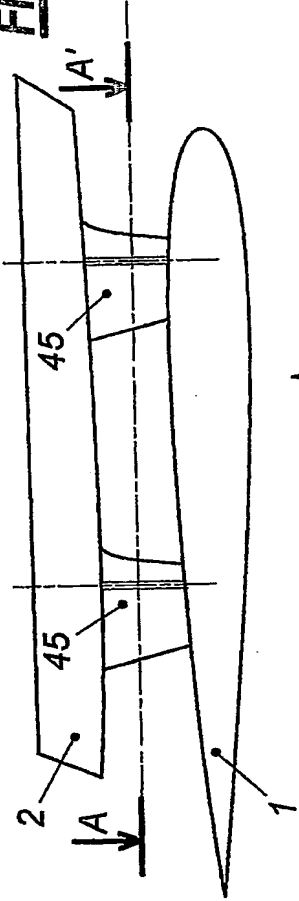


FIG. 20

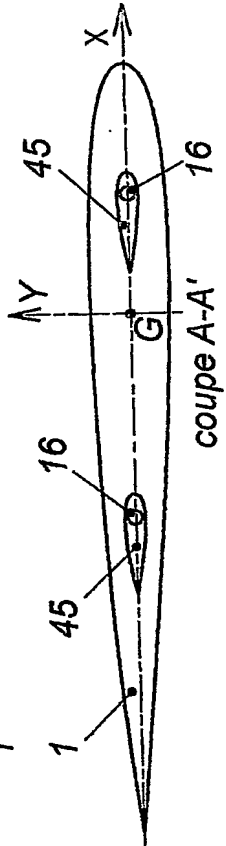
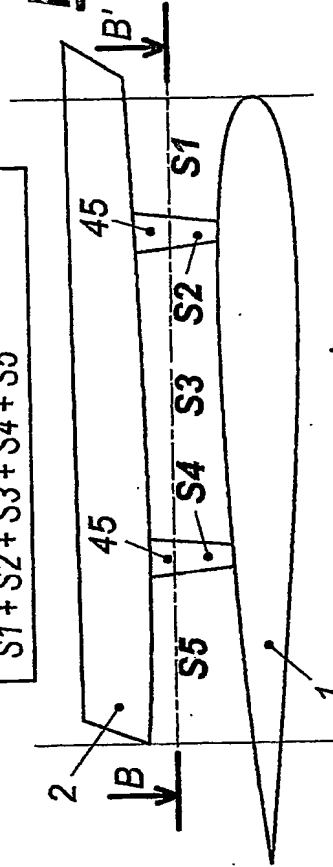


FIG. 21



$$\frac{S2 + S4}{S1 + S2 + S3 + S4 + S5} < 10\%$$

FIG. 22

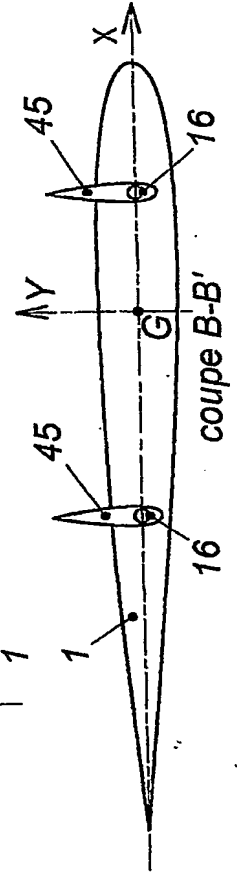


FIG. 16

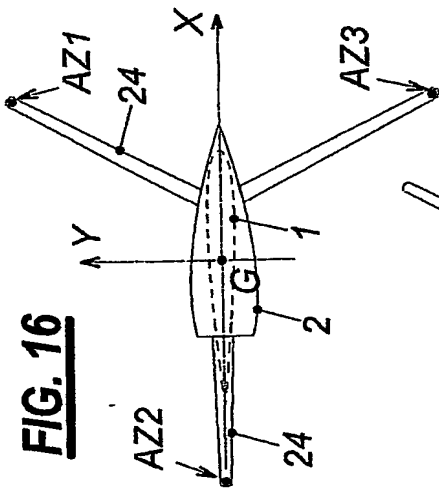


FIG. 17

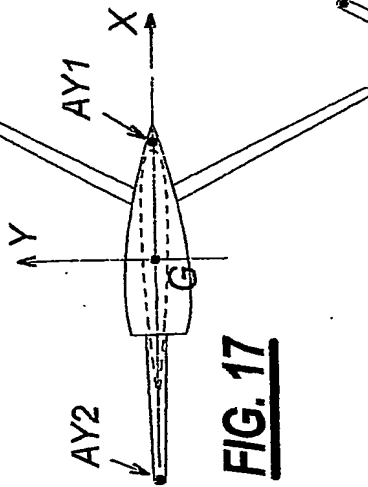
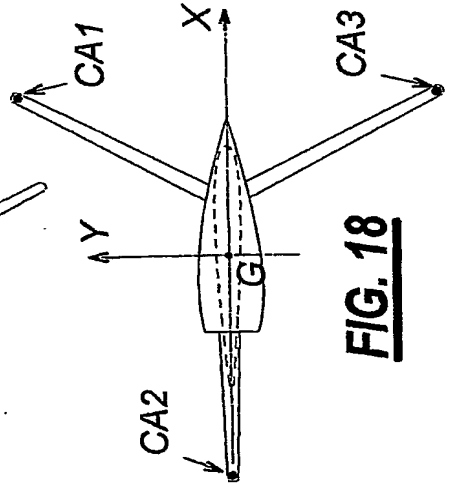


FIG. 18



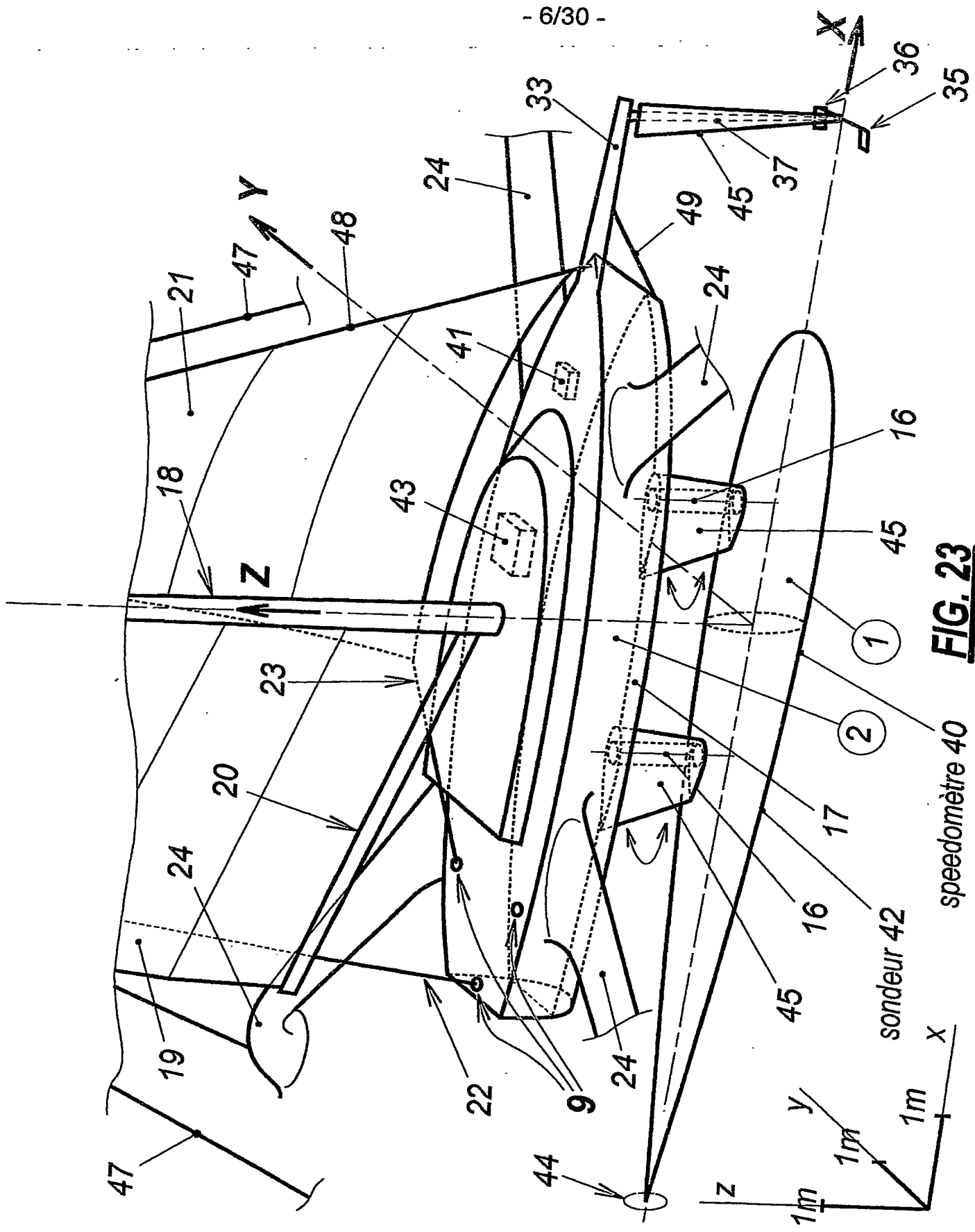
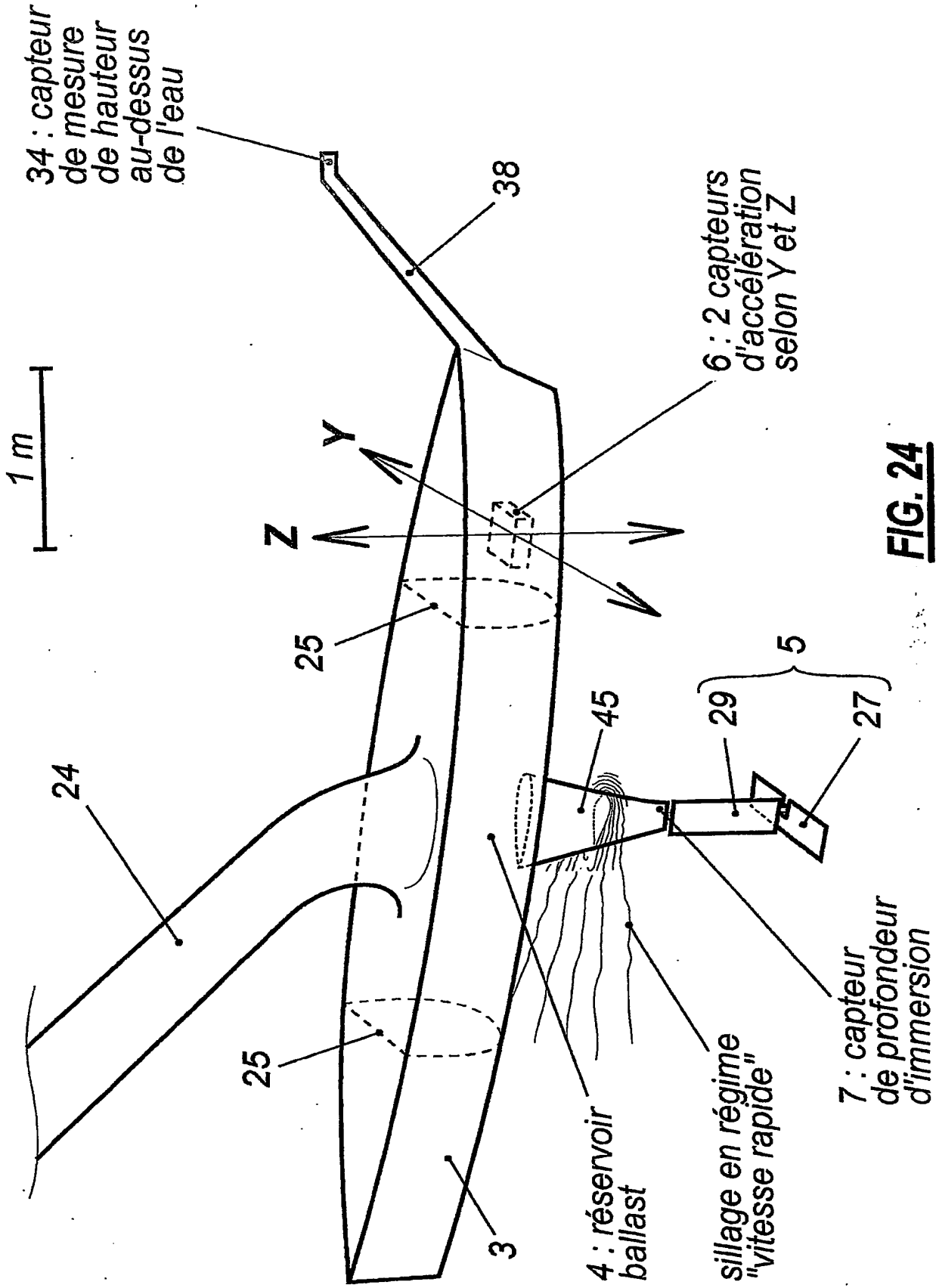


FIG. 23

speedomètre 40

sondeur 42

THIS PAGE BLANK (USPTO)



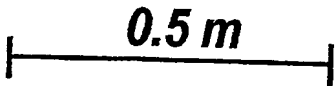
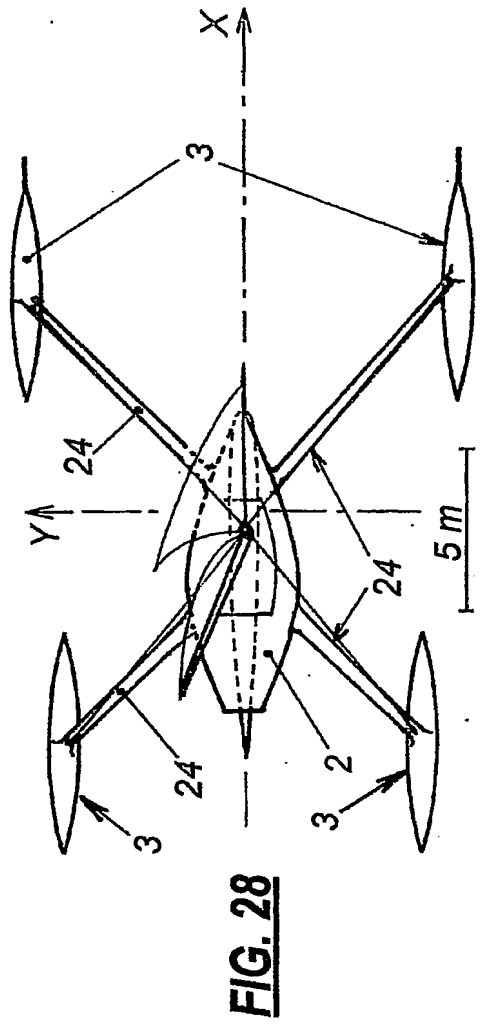
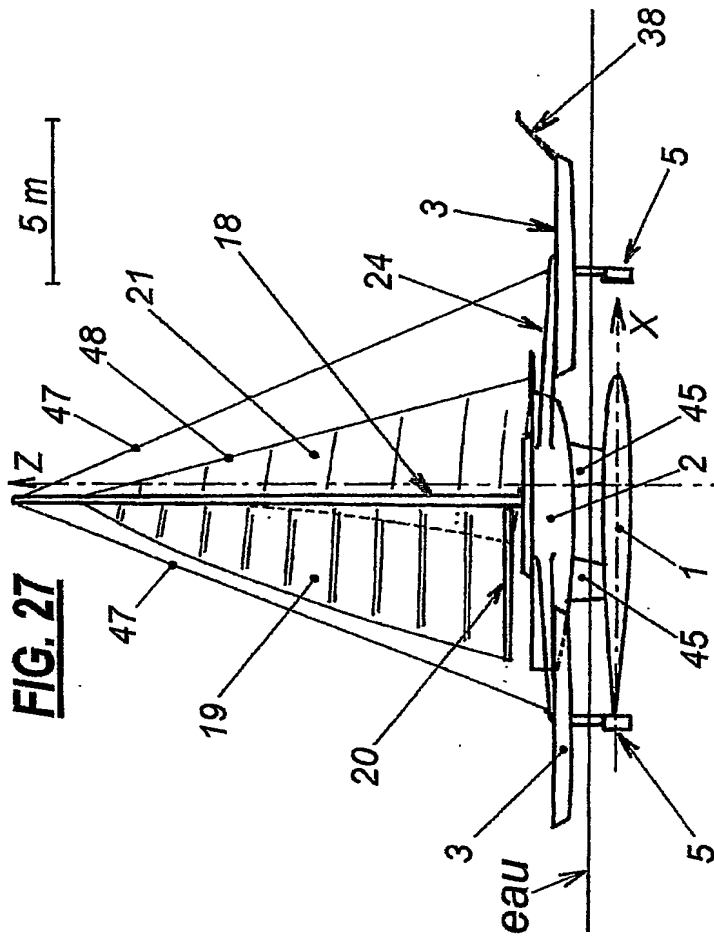
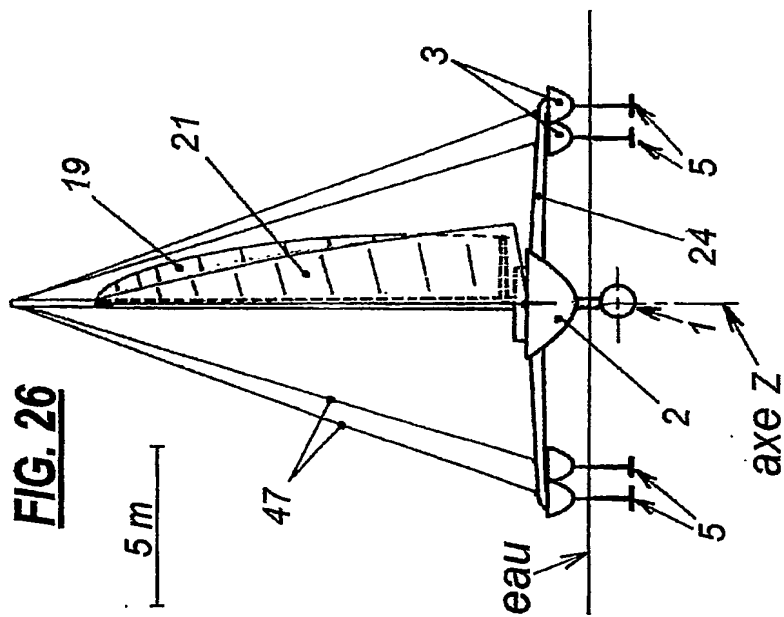


FIG. 25



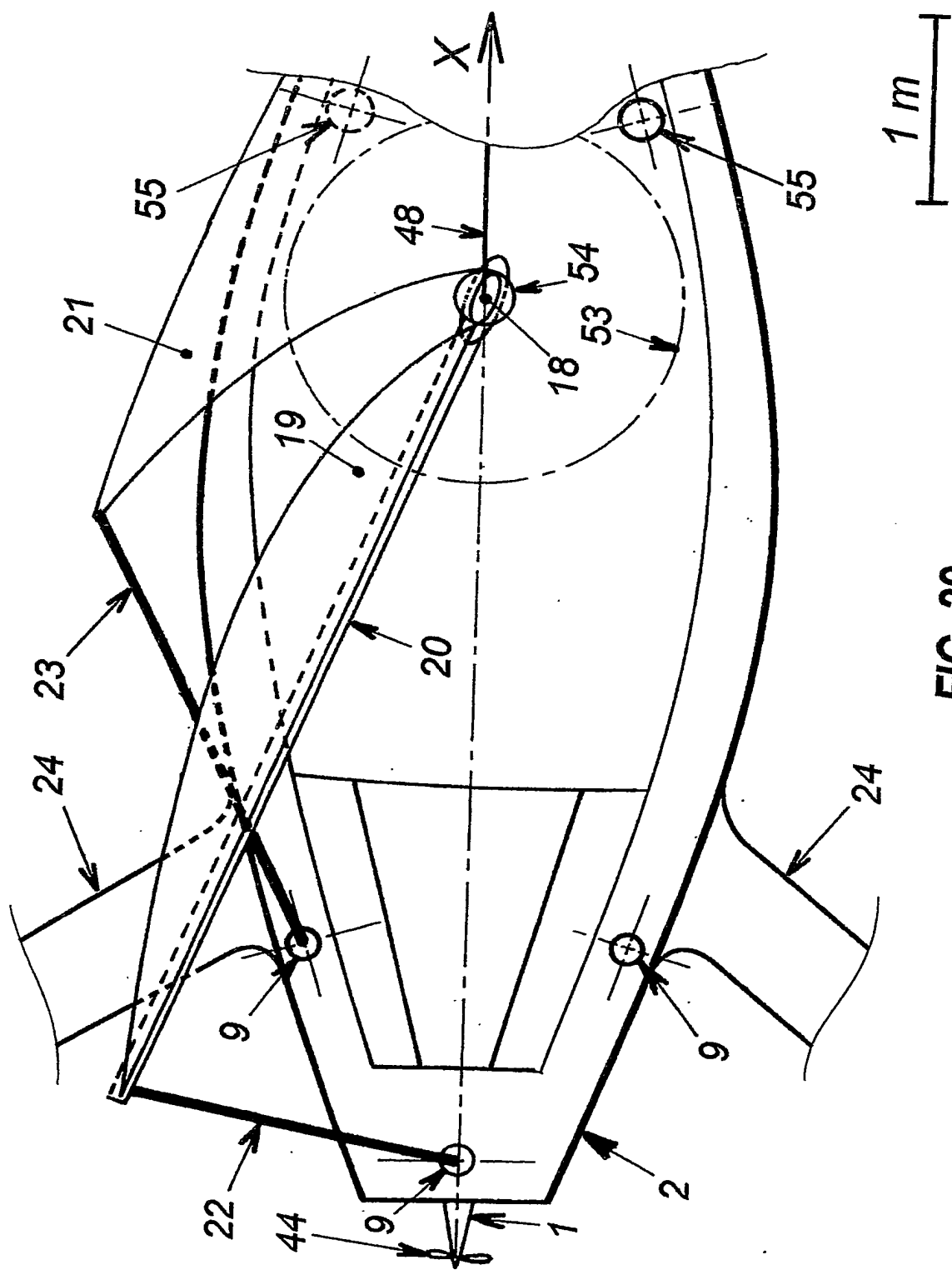


FIG. 29

FIG. 30

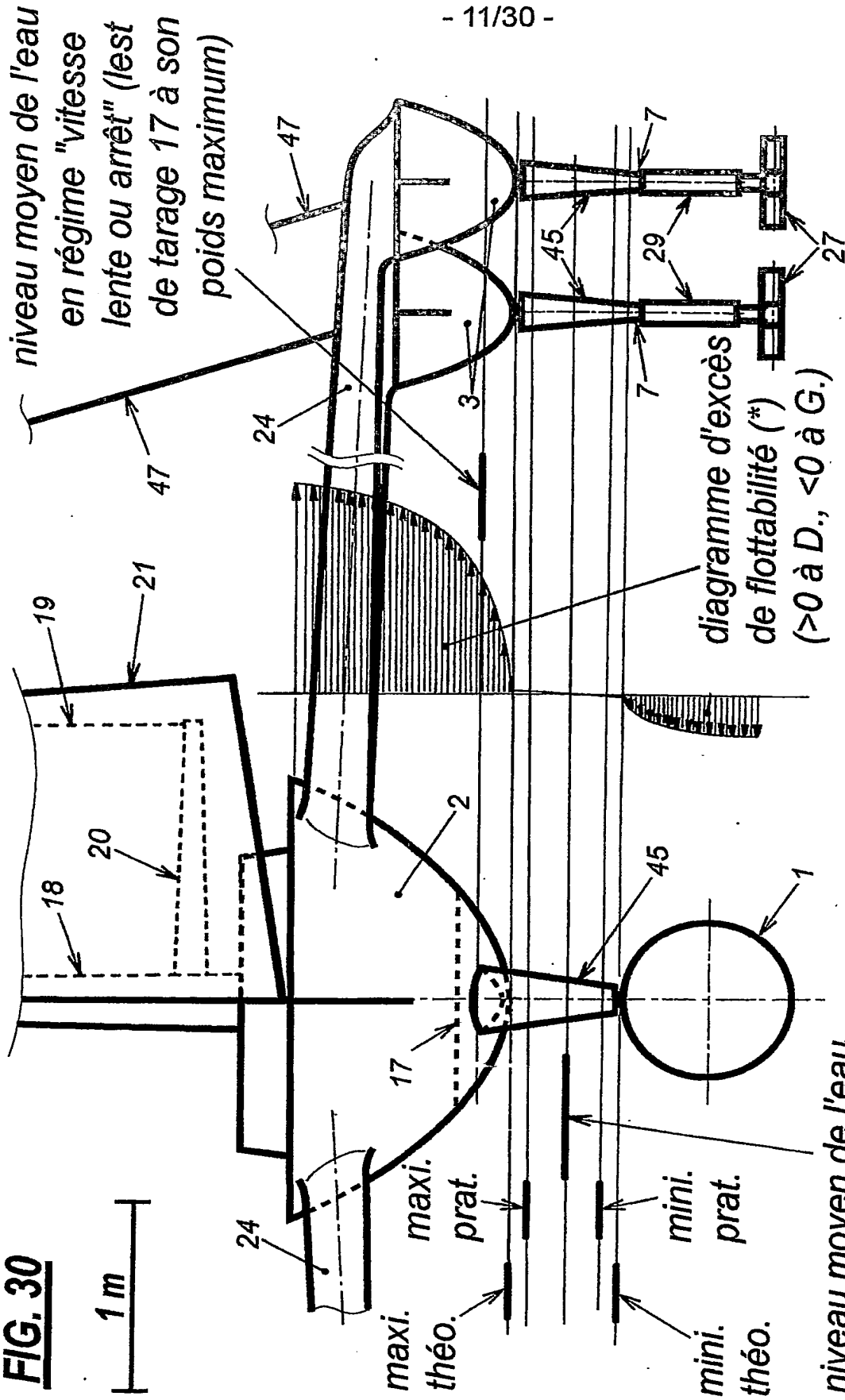
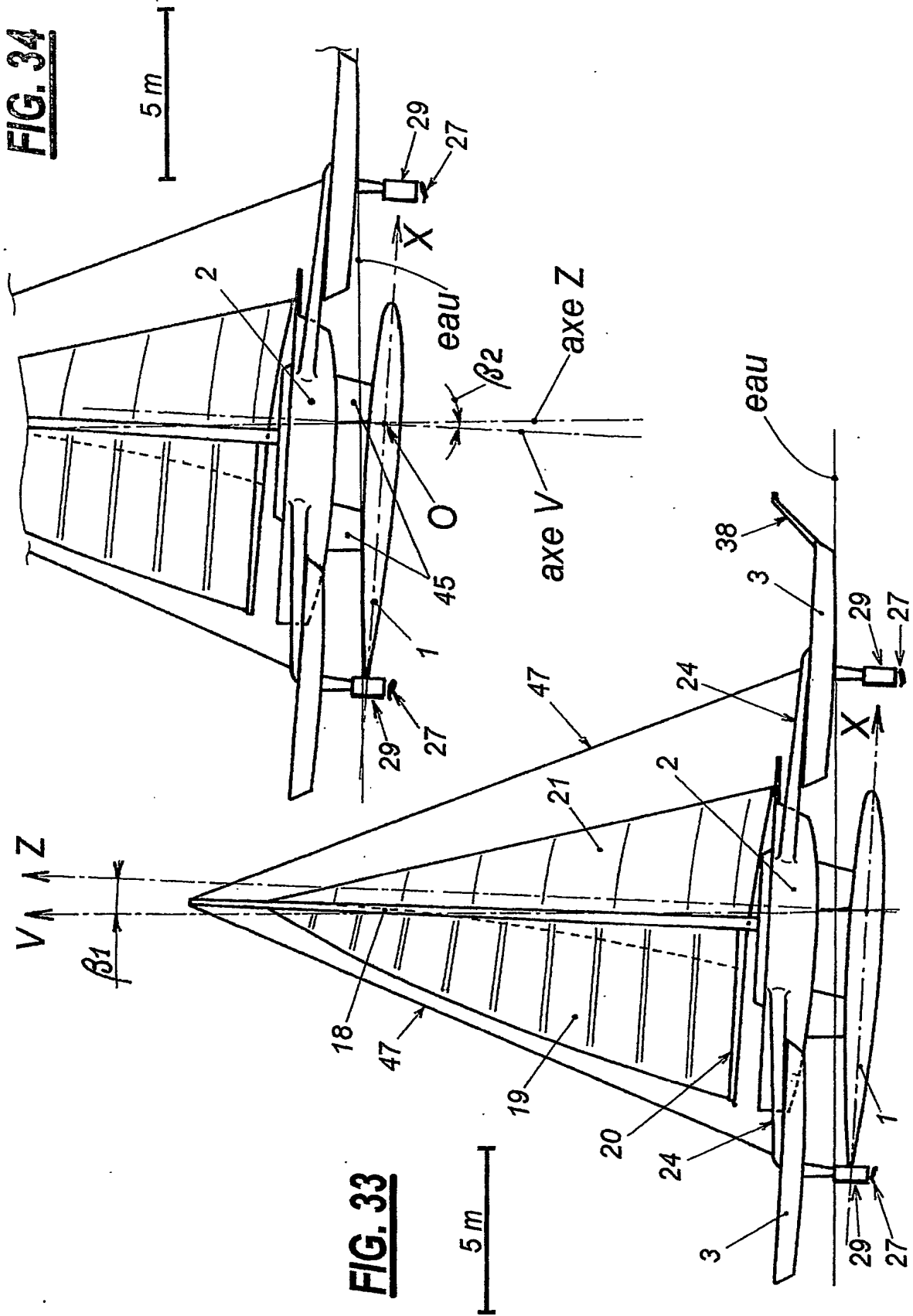


diagramme d'excès
de flottabilité (*)

niveau moyen de l'eau
en régime "vitesse rapide" (*)

*** avec lest de tare réglable 17 (ballast) correctement ajusté en fonction de la charge utile embarquée**



10 cm*

* pour cas pylône porteur (16)

FIG. 35

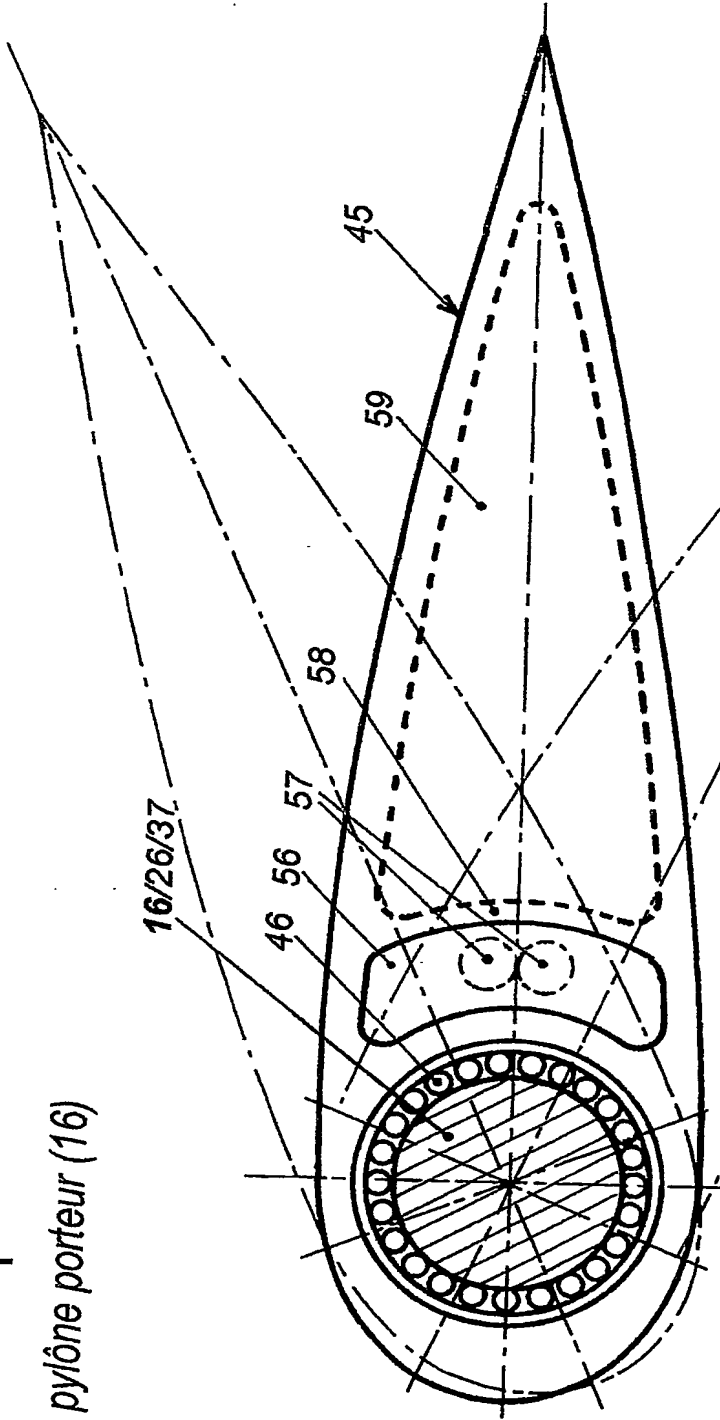
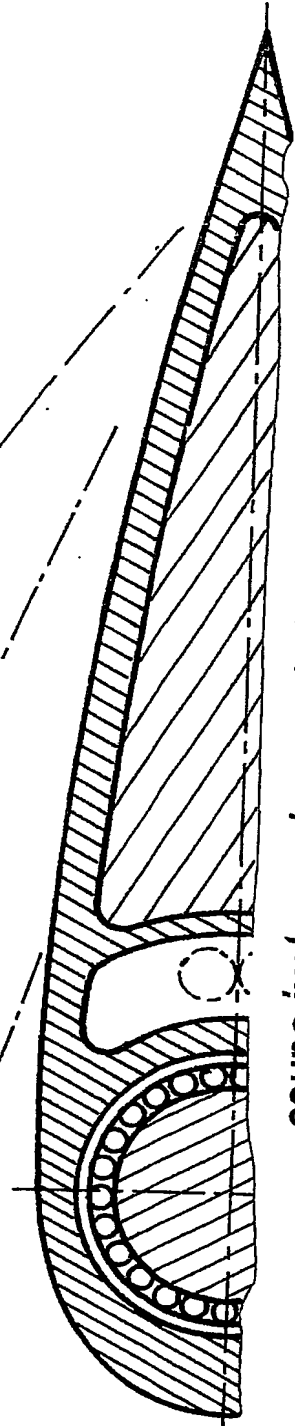


FIG. 36



coupe juste au-dessus de la paroi du pied

FIG. 37

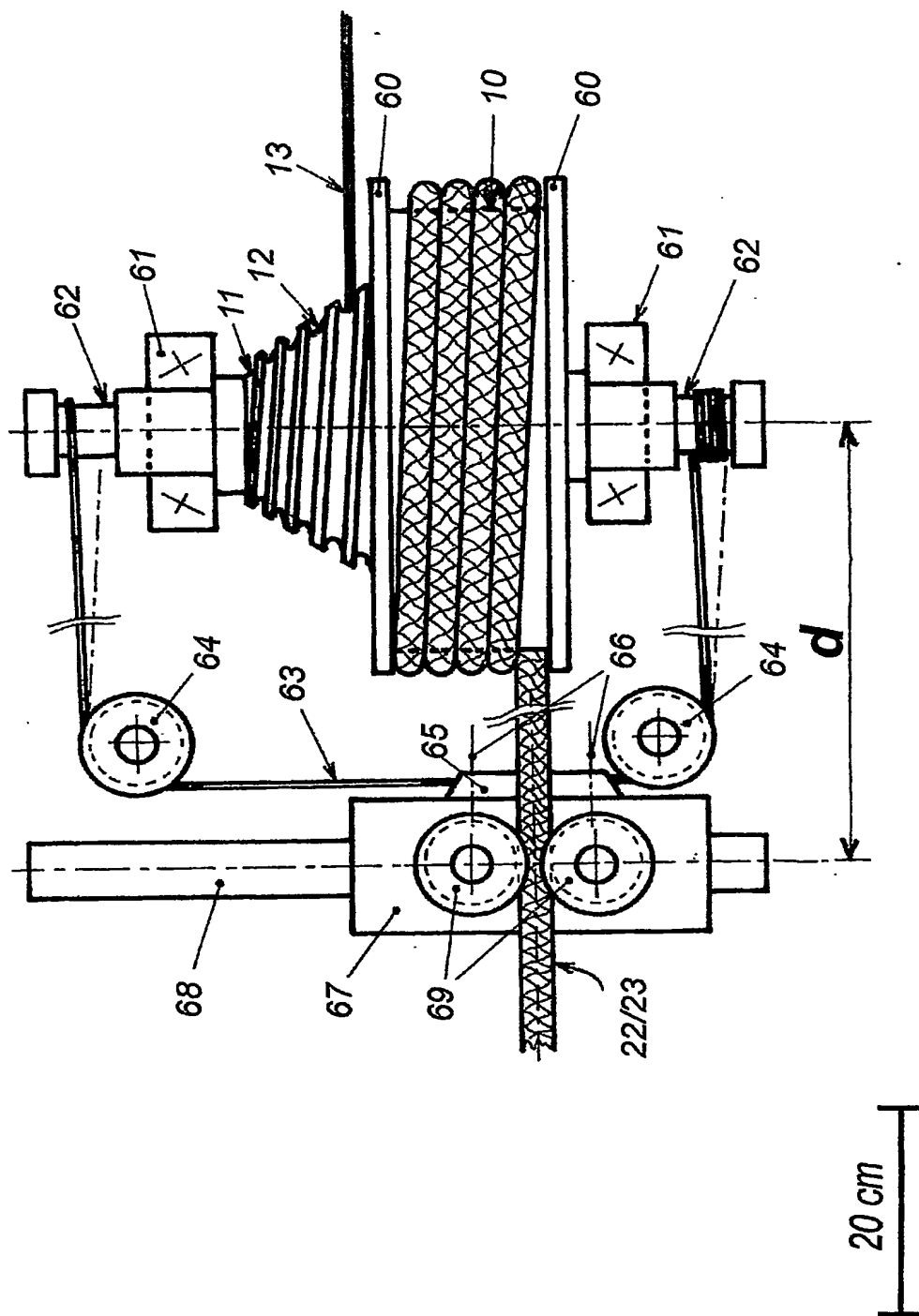


FIG. 38

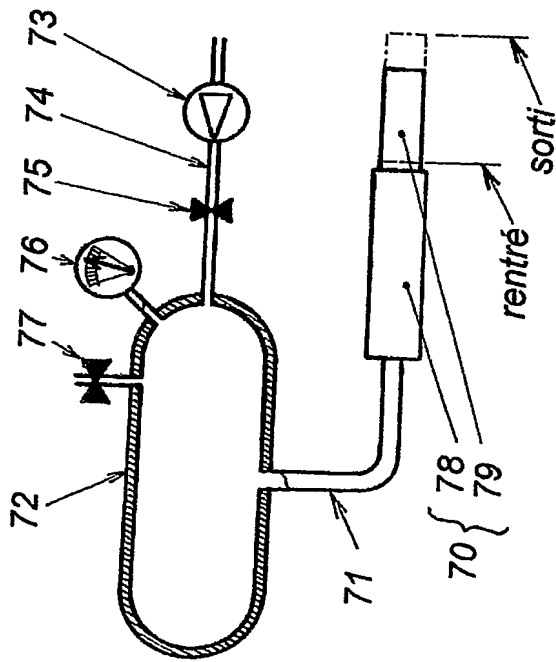
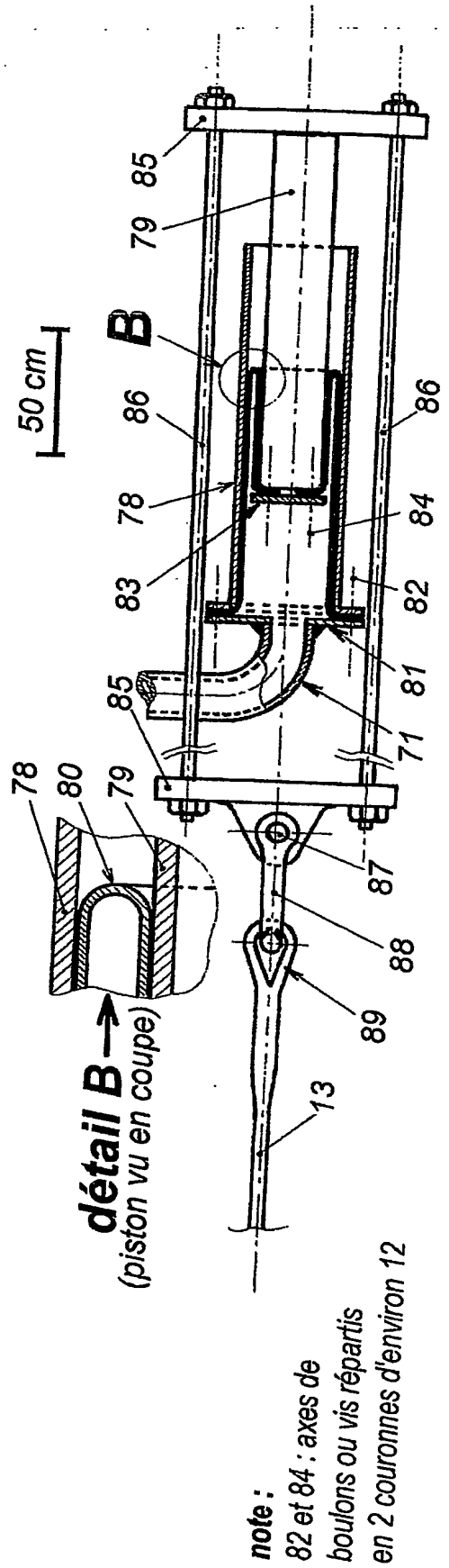


FIG. 39



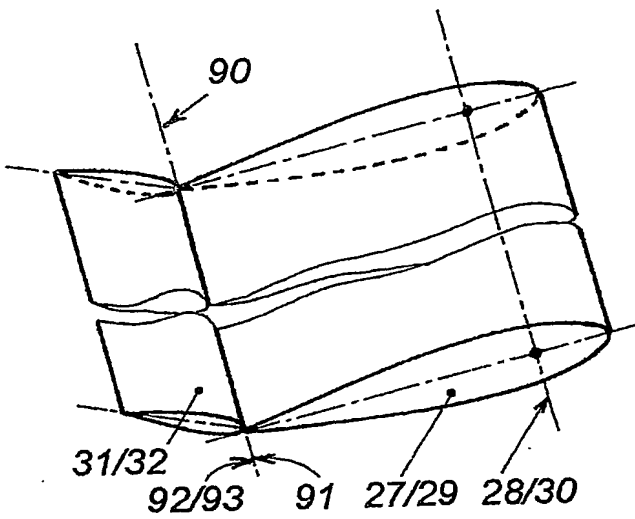


FIG. 40

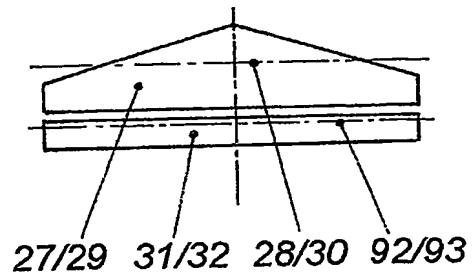


FIG. 44

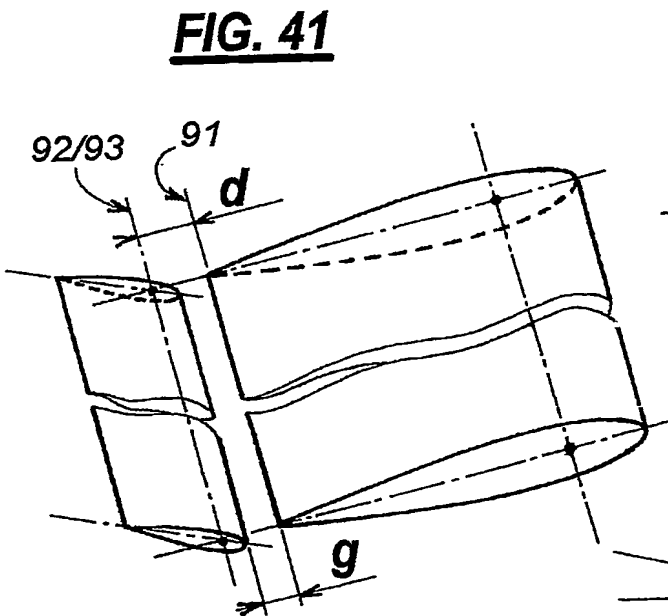


FIG. 41

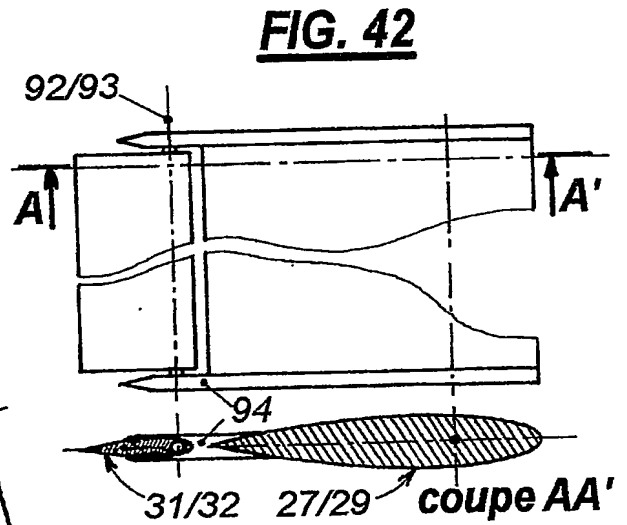


FIG. 42

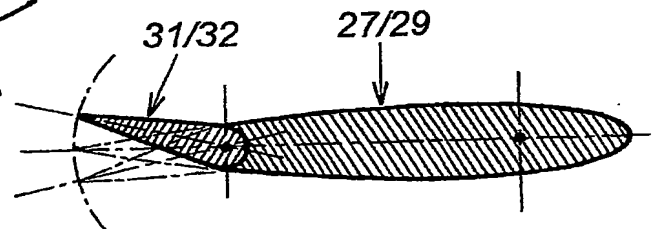


FIG. 43

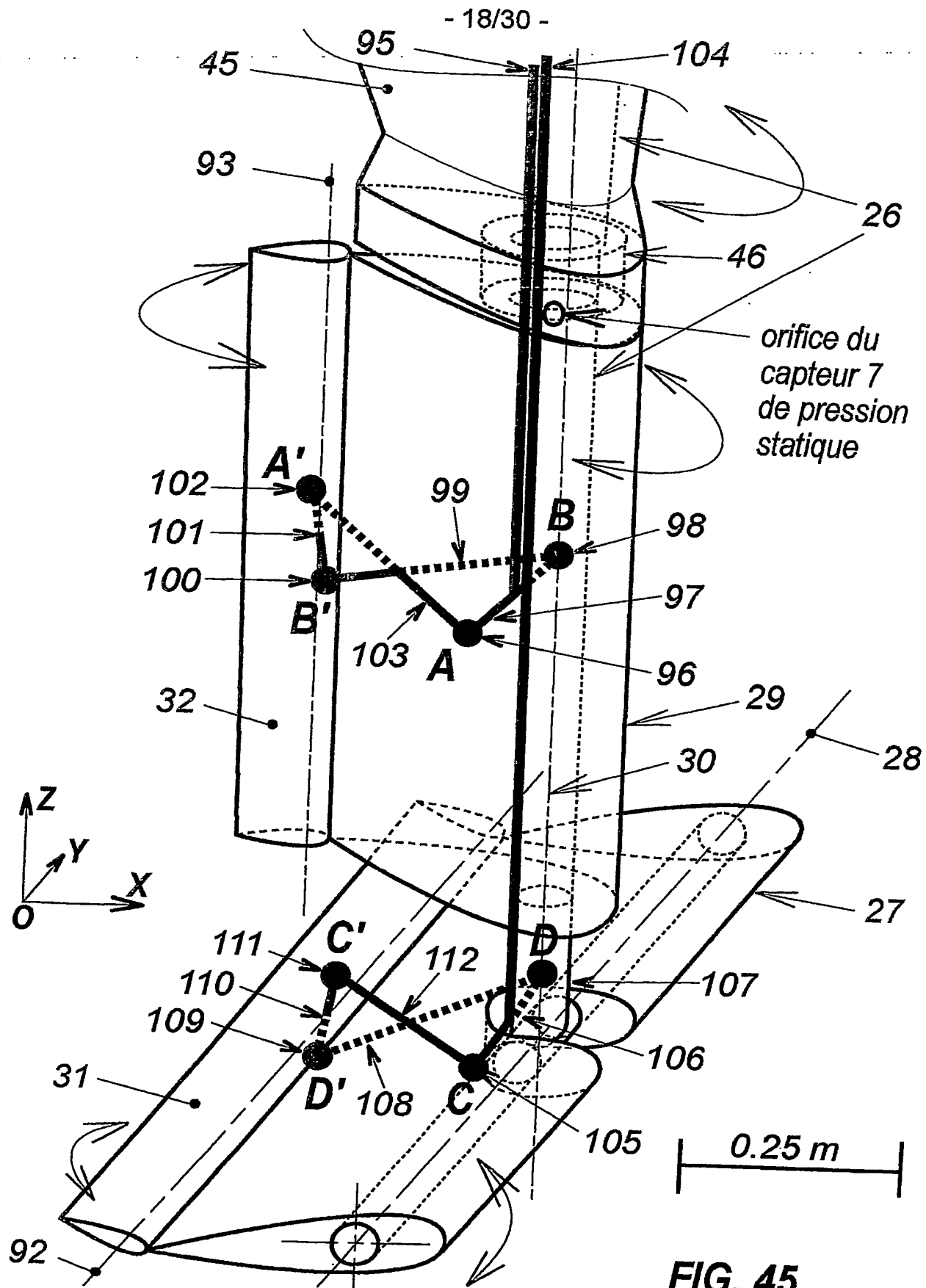


FIG. 46

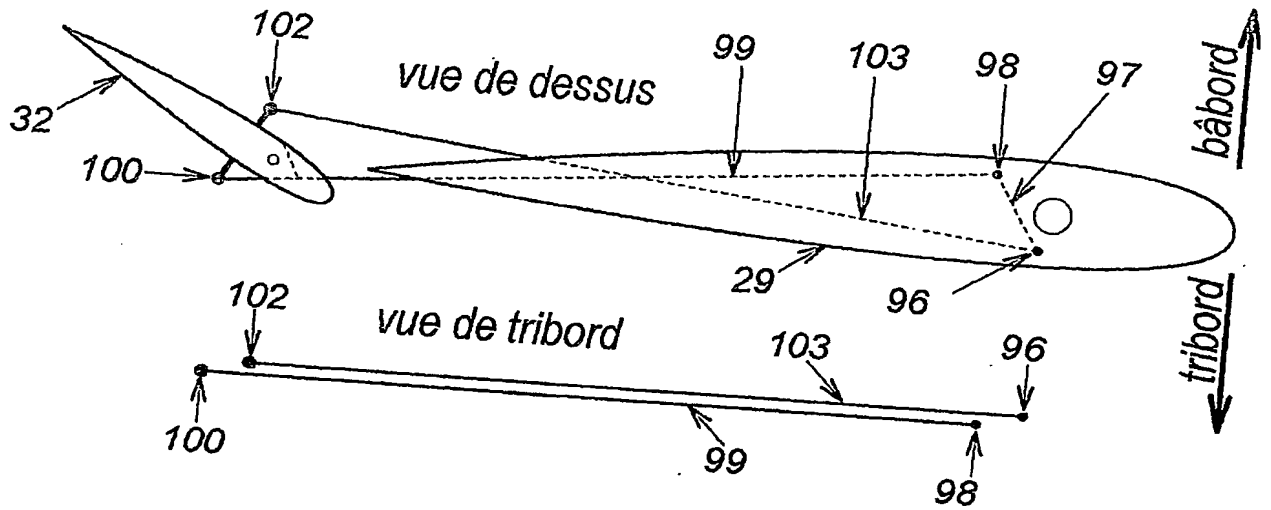


FIG. 47

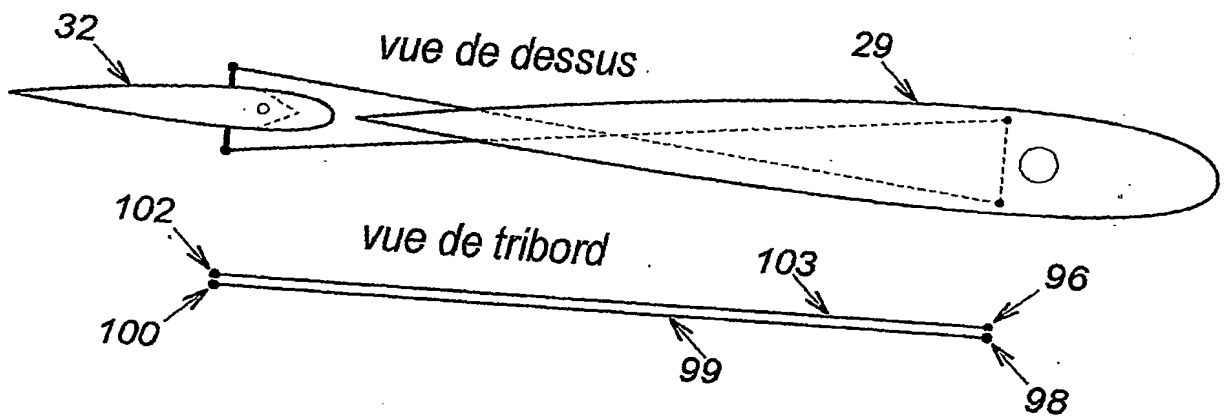


FIG. 48

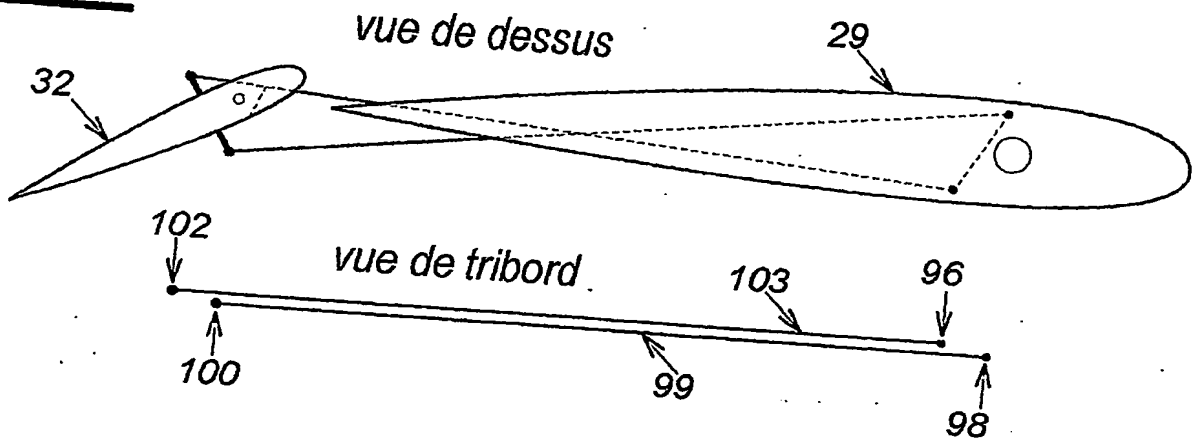


FIG. 49

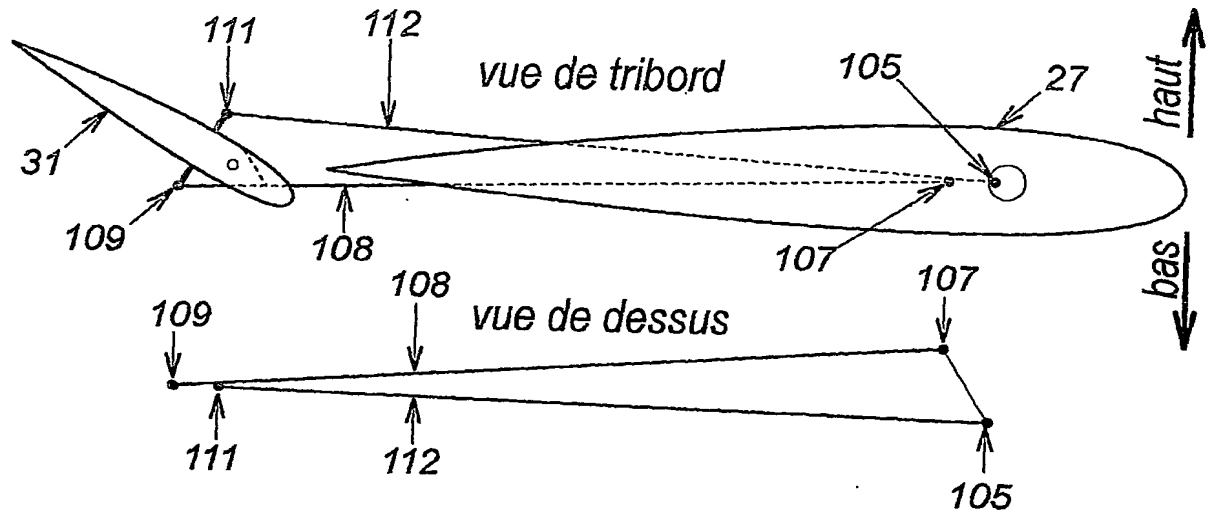


FIG. 50

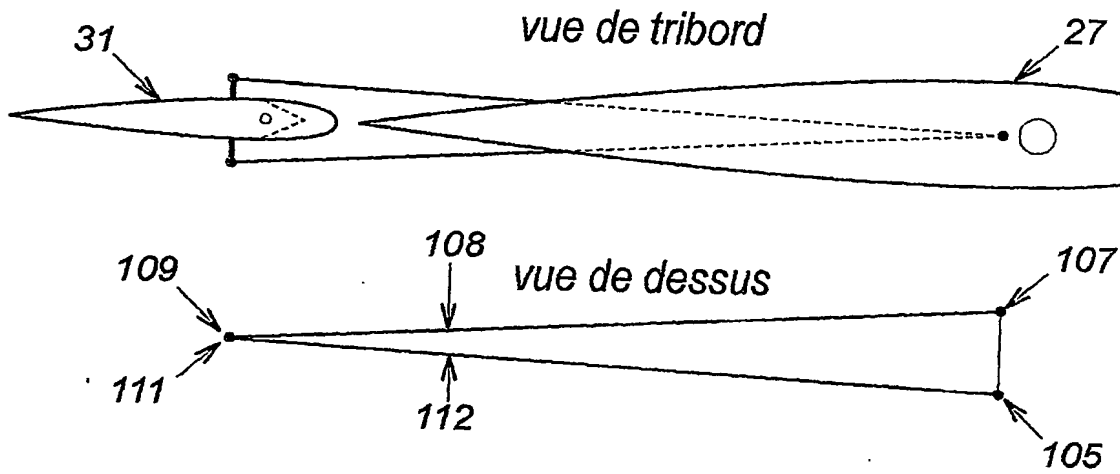


FIG. 51

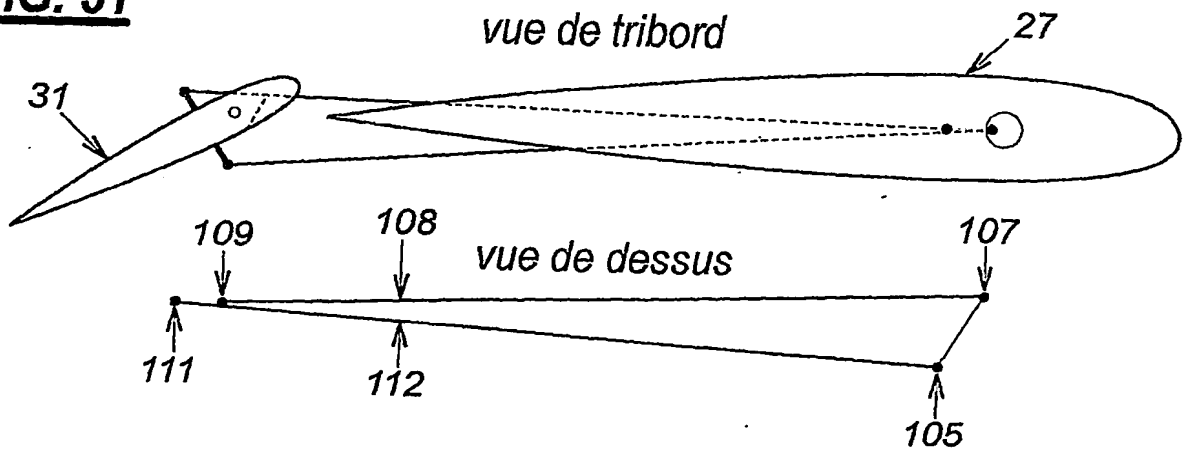


FIG. 52
(articulation 96)

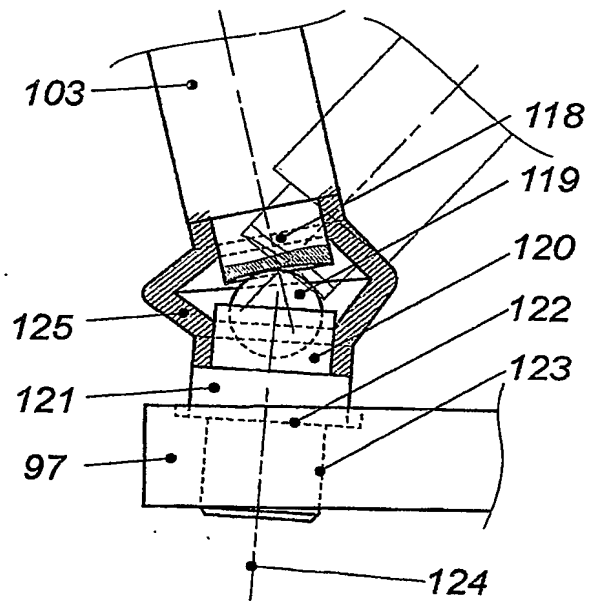
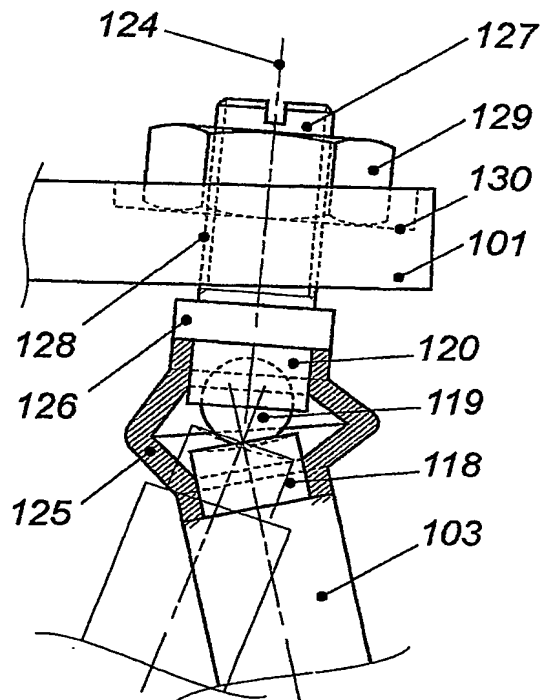
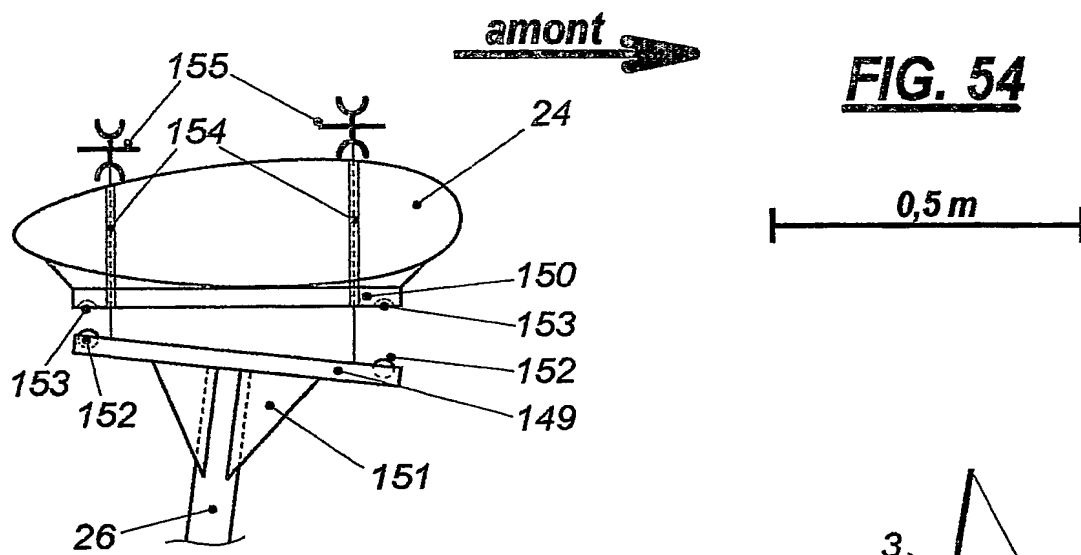


FIG. 53
(articulation 102)





**section du bras
parallèle au plan XOY,
vue de tribord**

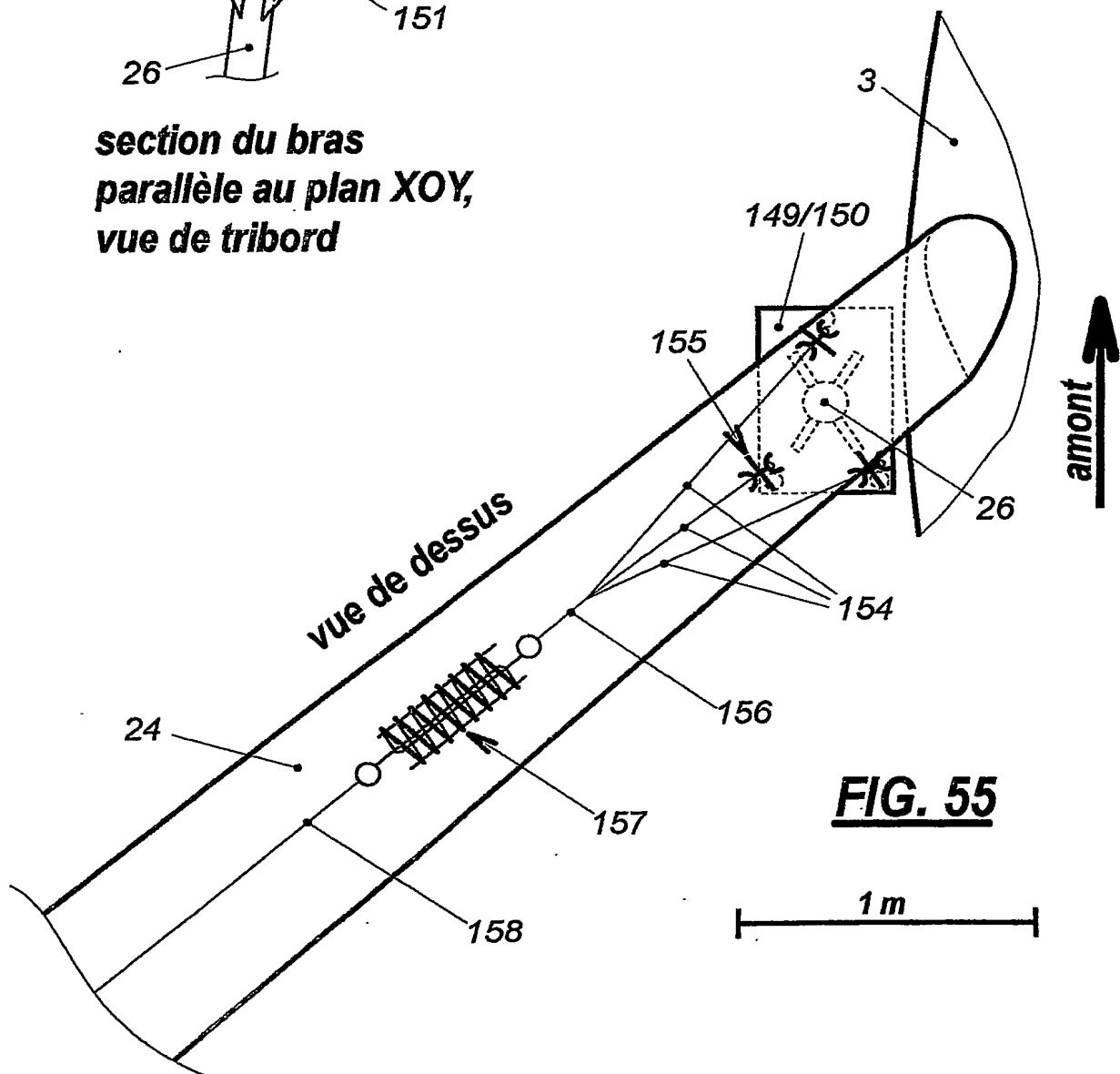


FIG. 56

1 m

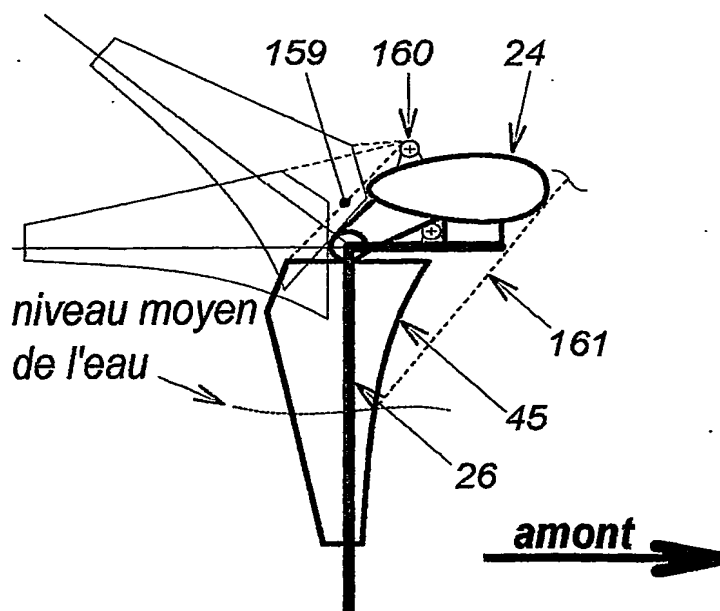
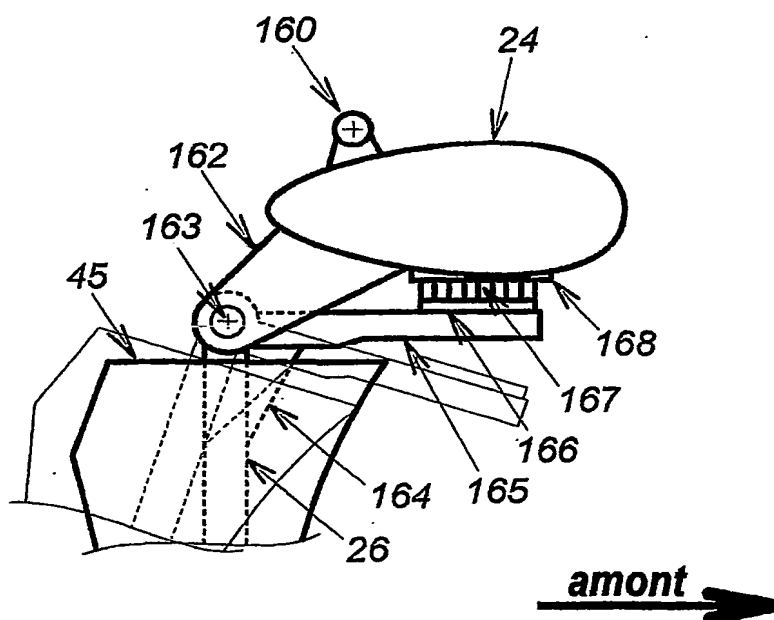


FIG. 57

0,5 m



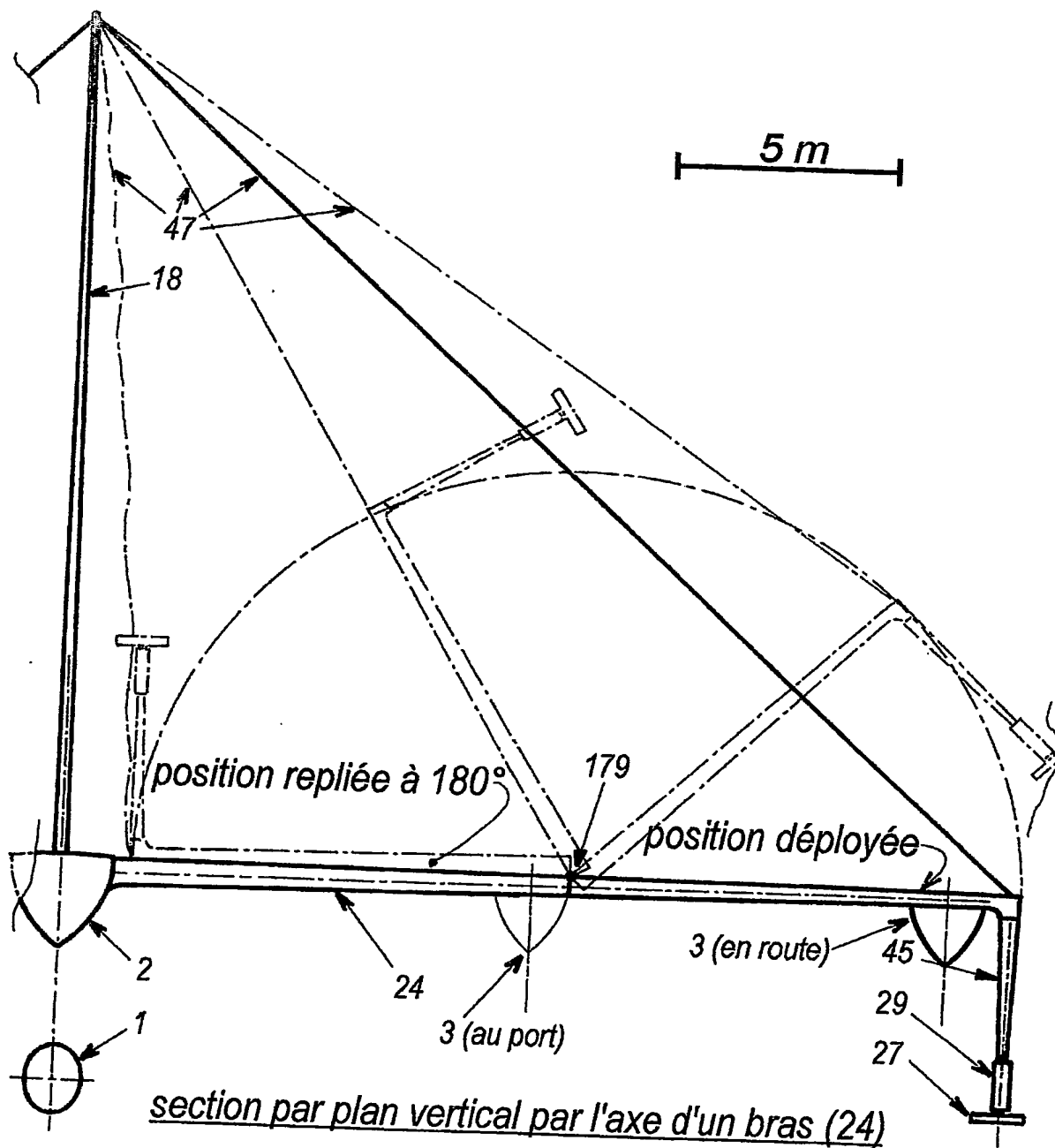


FIG. 58

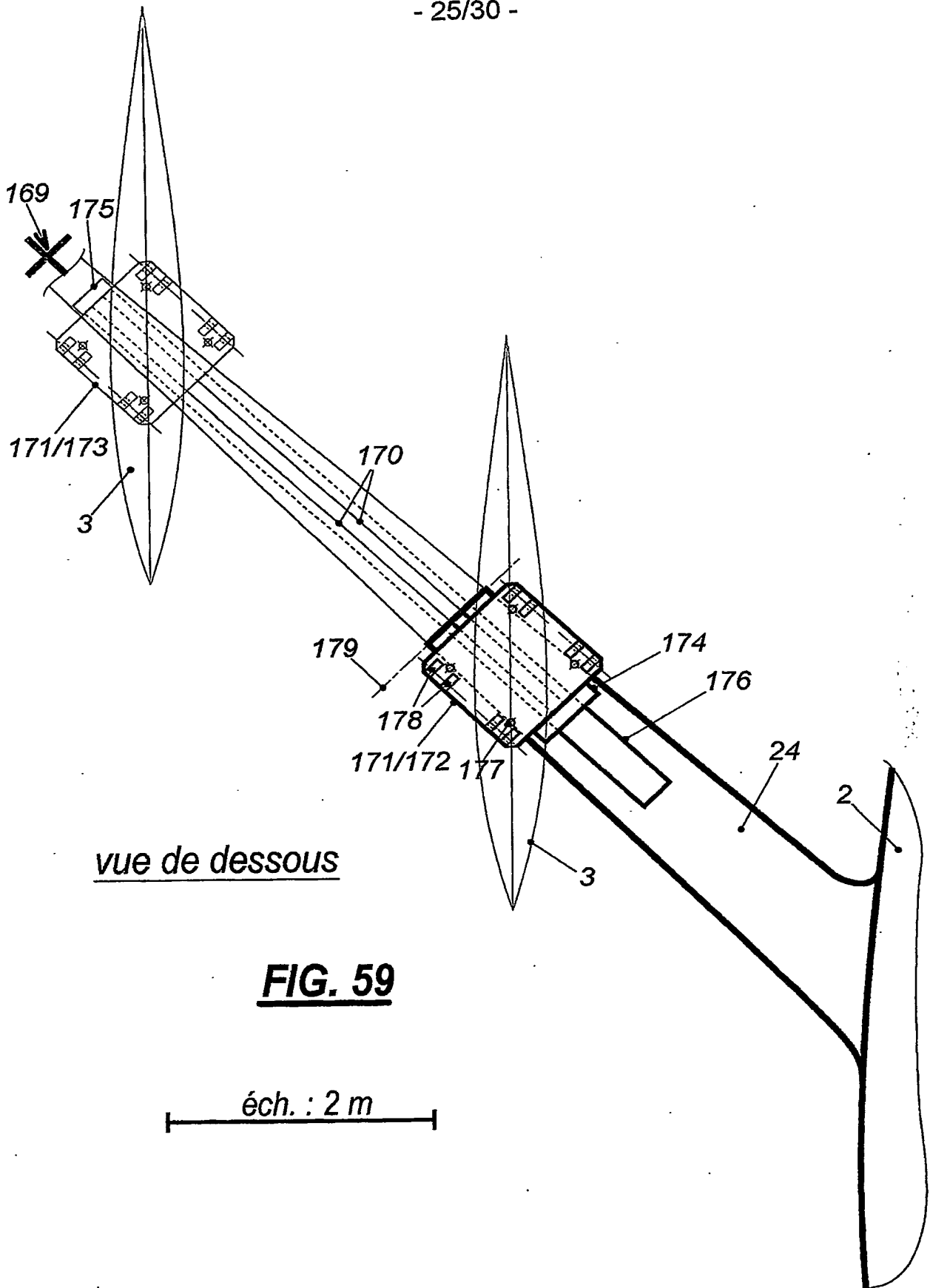


FIG. 60

(éch. x3)

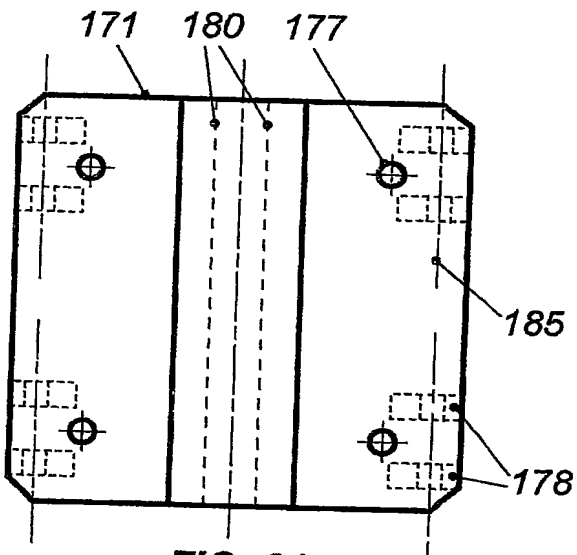
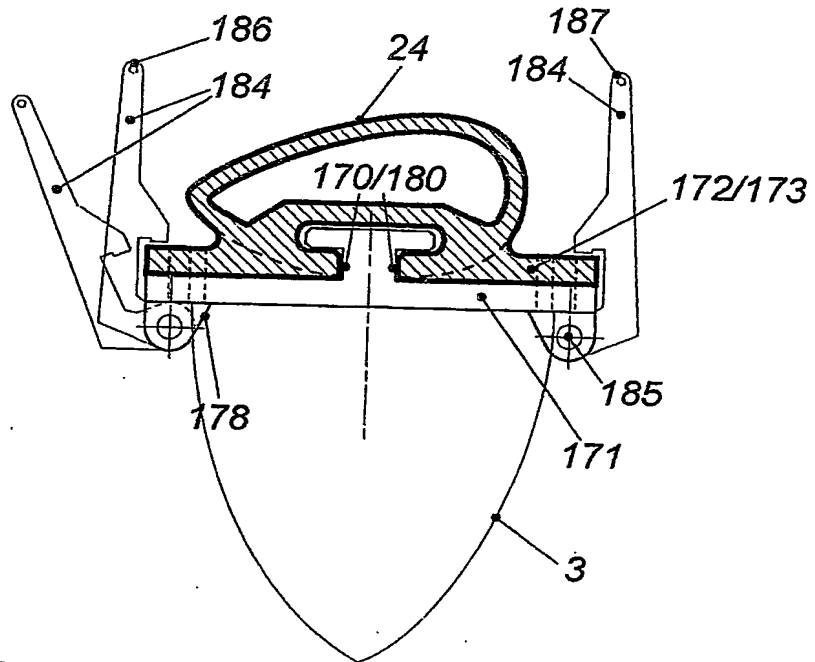


FIG. 61

(éch. x3)

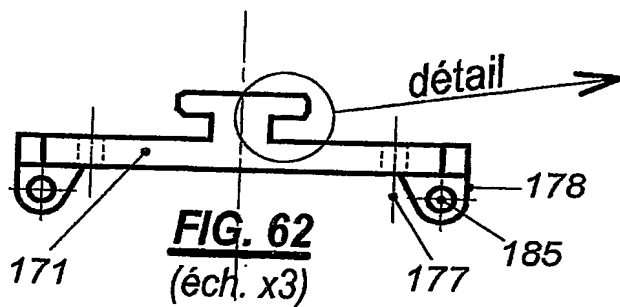


FIG. 62

(éch. x3)

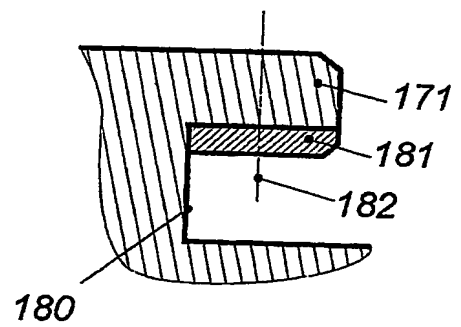


FIG. 63

(éch. x10)

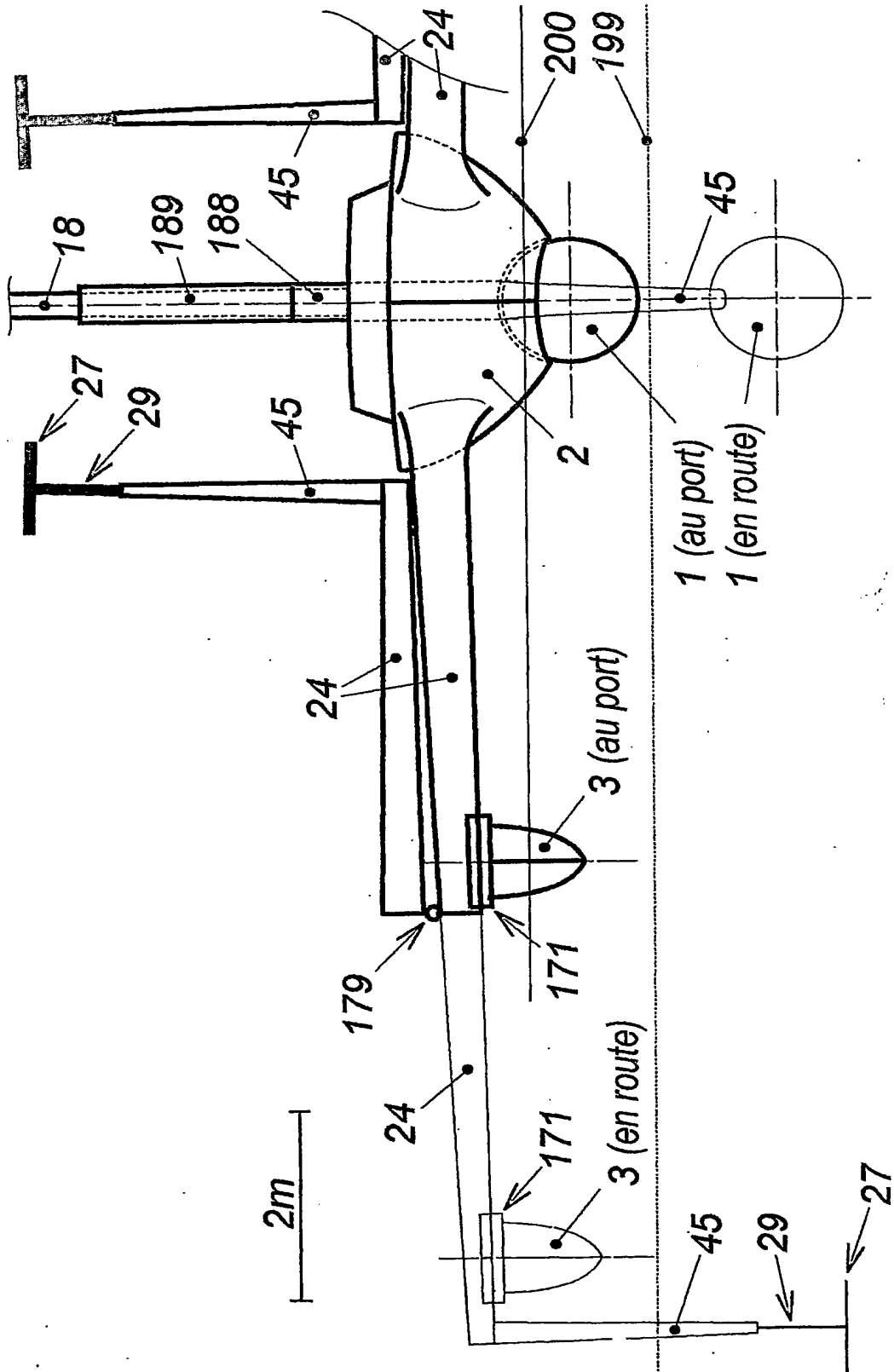


FIG. 64



FIG. 65

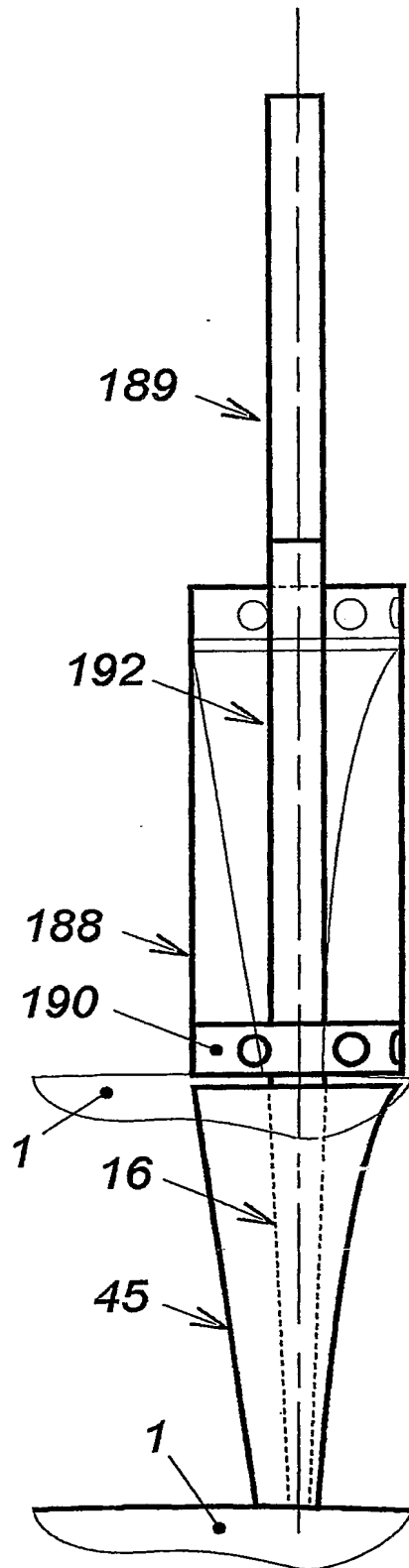
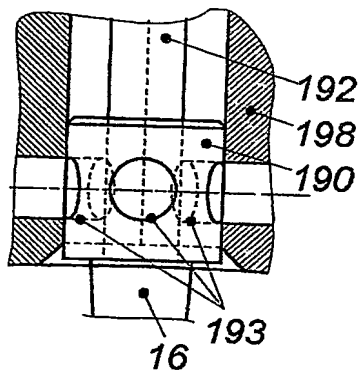
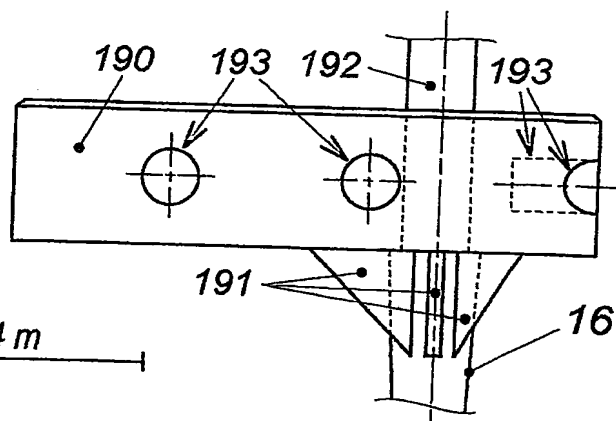


FIG. 66

vue de l'avant

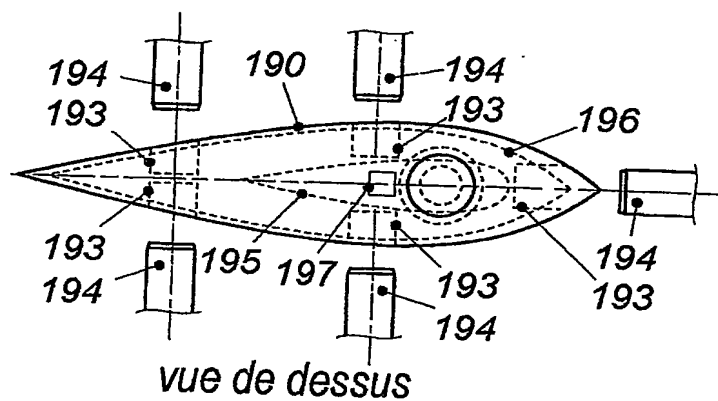


vue de tribord



0,4 m

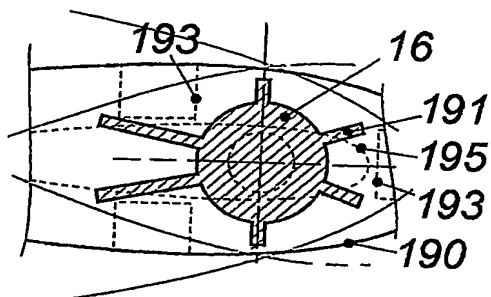
FIG. 67



vue de dessus

FIG. 68

(éch. x 1,6)



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/2

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 2

Vos références pour ce dossier (facultatif)		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0313 114
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Navire à flotteur immergé stabilisé par contrôle électronique ses positions de marée mobiles et s'orientations latérales immergées		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
M. ALDIN Gerard, Roger M ^{me} ANCELLOTTI Aline, épouse ALDIN		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	ALDIN
	Prénoms	GERARD, Roger
Adresse	Rue	14 Allée des Hauts Dimanches
	Code postal et ville	78430 LOUVECIENNES
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	ALDIN (née ANCELLOTTI)
	Prénoms	ALINE, Marie, Andrée
Adresse	Rue	14 Allée des Hauts Dimanches
	Code postal et ville	78430 LOUVECIENNES
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	ALDIN Céline ARCHAMBAULT
	Prénoms	CHRISTEL, Geneviève
Adresse	Rue	34 rue de Mauberge
	Code postal et ville	75009 PARIS
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
24/11/03		
ALDIN Gerard (Demandeur et mandataire)		
ALDIN Aline (demandeur)		

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2 / 2

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 17 / 270501

Vos références pour ce dossier (facultatif)		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0313714
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Navire à flotteur immergé stabilisé par contrôle électronique des partitions de masses mobiles et d'orientations d'ailettes immergées.		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
M. ALDIN Gérard, Roger M ^{me} ANCELLOTTI Aline, épouse ALDIN		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	ALDIN
	Prénoms	FÉDÉRIC, Jean-Claude
Adresse	Rue	14 Allée des Hauts Dimanches
	Code postal et ville	78430 LOUVÉCIENNES
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S)		
DU (DES) DEMANDEUR(S)		
OU DU MANDATAIRE		
(Nom et qualité du signataire)		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ALDIN Gérard (demandeur et mandataire) </div> <div> 24/11/03 </div> <div> ALDIN Aline (demandeur) </div> </div>		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.